



TRABAJO FIN DE MÁSTER:

«INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN EL ESTUDIO DE LA MUSIVARIA ROMANA».

AUTOR: ISABEL GRANADOS CHIGUER.

TUTOR: LÁZARO GABRIEL LAGÓSTENA BARRIOS.

MÁSTER UNIVERSITARIO EN PATRIMONIO, ARQUEOLOGÍA E HISTORIA MARÍTIMA.

Curso Académico: 2020-2021.

Fecha de presentación: 01.12.2020.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS.

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.

AGRADECIMIENTOS.

Por sus enseñanzas, valores, ayuda, comprensión, empatía, humanidad y humildad, sobre todo tras mis percances en estos últimos meses pasados: a todos los miembros de la Unidad de Geodetección, Análisis y Georreferenciación del Patrimonio Histórico.

Al tutor de este TFM, por su paciencia y consejos; por corregir en tan breve plazo dadas las circunstancias, y aún así recordarme lo que debía ser mi principal preocupación.

A mi otro ‘tutor’, por junto al primero, ofrecerme la posibilidad de, en aquel verano de 2017, formar parte de ese gran equipo, dar nuevos pasos y seguir aprendiendo de vosotros.
Sois infatigables.

A quienes no he podido coger el teléfono en los últimos tiempos o escribir, mis disculpas y agradecimiento por vuestra preocupación.

A los que desde las administraciones me han atendido siempre y siguen haciéndolo tan eficazmente. Ojalá fuerais más con esa vocación.

Al tribunal y lector de estas páginas, por soportar semejante verborrea y un trabajo tan ‘ilegible’.

A todos vosotros: nunca me cansaré y podré agradecerlos lo suficiente.

ÍNDICE.

1. Resumen/ <i>abstract</i>	3.
2. Introducción.	
2.1. Normativa y justificación de la elección.....	4.
2.2. Objetivos.....	7.
2.3. Metodología y fuentes.....	10.
3. Estado de la cuestión	
3.1. Sobre el concepto de patrimonio y las Humanidades Digitales.....	16.
4. Técnicas instrumentos analíticos.....	32.
4.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	35.
4.1.1. Metodología.....	35.
4.1.1.1. Trabajos de documentación previos.....	35.
4.1.1.2. <i>Software</i> y procesos.....	37.
4.1.1.3. Resultados.....	48.
5. Conservación virtual: unas cuestiones previas.....	49.
6. Fotogrametría.....	52.
6.1. Metodología.....	52.
6.1.1. Trabajo de campo: materiales y toma de datos.....	52.
6.1.2. <i>Software</i> y procesos.....	63.
6.1.3. Resultados.....	97.
7. Escáner láser.....	99.
7.1. Metodología.....	99.
7.1.1. Trabajo de campo: materiales y toma de datos	99.
7.1.2. <i>Softwares</i> y procesos.....	101.
7.1.3. Resultados.....	139.
8. Estudio comparativo de los resultados.....	141.
9. Valoraciones finales y perspectivas de futuro.....	144.
10. Bibliografía.....	146.

1. RESUMEN.

La Era de la información ha puesto a disposición del historiador y profesionales de las ciencias humanas tecnologías y técnicas que renuevan su epistemología. En este trabajo se pretende hacer una introducción y puesta en práctica de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, la fotogrametría terrestre y el escaneado láser a elementos patrimoniales como son los mosaicos romanos.

PALABRAS CLAVE.

Mosaico romano, Sistemas de Información Geográfica (SIG), fotogrametría terrestre, escáner láser terrestre, virtualización.

ABSTRACT.

Current historians and human sciences' professionals are facing today critical issues, exploring, studying and trying to understand another techniques and technologies provided by a new age: Information Era. This transition and its resources calls into question our epistemology. Here, we put into practice through the apply of Geographic Information Systems, Terrestrial Photogrammetry and Laser Scanning on heritage elements such as Roman mosaics.

KEY WORDS.

Roman mosaics, Geographic Information Systems (GIS), Terrestrial Photogrammetry, Terrestrial Laser Scanning, virtualization.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. NORMATIVA Y JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.

En virtud de la normativa vigente de la Universidad de Cádiz y el reglamento específico por el que se rige la presentación de los Trabajos Fin de Máster (TFM) en la Facultad de Filosofía y Letras de la mencionada universidad –Reglamento marco UCA/CG07/2012 de 13 de julio de 2012 publicado en el BOUCA 148 del 27 de julio de 2012, y Reglamento interno de Trabajo Fin de Máster de la Facultad de Filosofía y Letras- en estas nuestras páginas que siguen, defenderemos, en el curso 2020/2021, a fecha de 1 de diciembre de 2020, nuestro TFM, intitulado como ‘Introducción a la aplicación de Sistemas de Información Geográfica y reconstrucción virtual en la musivaria romana’, dirigido por el Prof. Dr. D. Lázaro Gabriel Lagóstena Barrios.

En este trabajo, siguiendo la línea de investigación que ya iniciáramos con el *corpus* de mosaicos de temática mitológica de época romana en Andalucía elaborado para nuestro Trabajo Fin de Grado (TFG), lo que se pretende es implementar en su estudio las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), concretamente, abogando por metodologías no invasivas como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la fotogrametría y escaneado láser terrestre. De modo introductorio, dichas técnicas serán empleadas, explicadas y analizadas sobre un ejemplar determinado: el Mosaico de Minerva ubicado en el Museo Arqueológico de Jerez de la Frontera (Cádiz, España), de procedencia desconocida¹ y datado en el s. IV d. C.

En lo que a la justificación de la elección de esta temática se refiere, varias son las motivaciones que nos llevan a escribir estas líneas. Enlazando con la formación recibida en el Máster en Patrimonio, Arqueología e Historia Marítima y en cuyo marco se defiende este TFM, habríamos de decir que, en primer lugar, lo que nos impulsa es el interés por la conservación, investigación y difusión de nuestro patrimonio histórico-cultural del que, obviamente, la musivaria romana forma parte. Si anteriormente nos habíamos enfrentado a esta tarea de un modo algo más sobrio o somero mediante el recabe de datos y fotografías, así como el análisis contextual, de producción, temático, porcentual y estilístico, ahora, sobre esta base, pretendemos ir unos pasos más allá ubicando todos esos pavimentos en su lugar de procedencia

¹ El mosaico ingresó a través de una donación de D. Enrique Robredo de los Ríos, según la información facilitada por el propio museo en su inventario de colecciones y su Libro de Registro de Fondos Antiguos (01.01.1935 hasta 25.06.1985).

o ubicación actual -en caso de desconocerse la primera- a través del *software* libre QGIS, en que se incluirá pormenorizadamente la información respectiva, a modo de base de datos. De otro lado, la fotogrametría y el escaneado láser, son técnicas que sin afectar en ningún momento al objeto de estudio, facilitan la labor de conservación, con la virtualización y modelización; la investigación, al arrojar datos colorimétricos y métricos; y, la difusión, siempre que se liberen los modelos al público para su uso y disfrute, como en esta ocasión se ha acordado con el Museo Arqueológico Municipal de Jerez en agradecimiento por su ayuda al acceso al material protagonista de este TFM.

Una segunda razón que nos lleva a optar por este trabajo de tipo metodológico enraíza en la concesión, en noviembre de 2018, que se nos hiciera por parte de la Secretaría de Estado de Educación y Formación Profesional de una Beca de colaboración durante el curso académico 2018/2019 -Resolución de 3 de agosto de 2018, B.O.E. de 11 de agosto de 2018-, que llevaba por título ‘Introducción a la fotogrametría patrimonial: técnicas basadas en imágenes para el levantamiento de mosaicos’. Durante los ocho meses en que se prestó la colaboración en el Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, en el Seminario de Agustín de Horozco y las dependencias e instalaciones del Instituto de Investigación Vitivinícola y Agroalimentaria (IVAGRO) de la UCA, bajo la tutorización del Prof. Dr. D. José Antonio Ruiz Gil y asistida por el equipo que junto al tutor de este TFM dirigen ambos, pudimos formarnos y comenzar a aplicar los procesos de fotogrametría terrestre usando el material -cámaras fotográficas, trípode, luces, etc.- y *software* -PhotoModeler Premium- proporcionado por el propio laboratorio, unos conocimientos, en fin, que emplearemos posteriormente en el cuerpo de este TFM para la exégesis de dicha técnica.

No obstante, y aún a pesar de la familiarización con el procedimiento anterior por lo ya comentado, los otros dos recursos que pretendemos poner en funcionamiento para nuestros fines, nos son totalmente novedosos. En el caso de QGIS, estamos habituados a ver su provecho dentro del Laboratorio de Historia del IVAGRO aunque, personalmente, hasta este momento, no lo habíamos puesto del todo en práctica. Por otra parte, el escáner láser o LiDAR terrestre, es una técnica recién incorporada en este verano de 2020, mediante un BLK360 y una ScanStation P50 de Leica Geosystems (aunque de ambos láseres terrestres hemos optado por la aplicación del primero, más manejable y fácil de transportar), por ello de antemano rogamos al lector disculpe las lagunas que pudiera encontrar en ambos campos.

Ulteriormente, aunque no por ello menos importante, este trabajo es fruto del aprendizaje dentro del mencionado Laboratorio de Historia. En él, tanto profesores como técnicos, compañeros todos, nos han hecho vislumbrar de primera mano ese nuevo paradigma en que se hayan inmersas las ciencias sociales y las humanidades, y en especial nuestra disciplina, la Historia. El impulso con la creación de nuevas tecnologías o aplicación de técnicas ya conocidas de otras disciplinas a la Historia, la renovación y reinención que ello produce en la epistemología de nuestra ciencia, las nuevas respuestas a las preguntas más o menos recientes y la bocanada de aire fresco que supone esta reconfiguración de nuestra práctica no solo entrañan vocación sino inspiración en todos sus miembros, y entre ellos, en esta que habla, muy humildemente, esa inspiración se ha tornado en aspiración, aspiración por seguir aprendiendo de todos esos historiadores, arqueólogos, ingenieros e informáticos que conforman el laboratorio y que cada día se superan en conocimientos, estando siempre dispuestos a enseñar y a acompañar en ese proceso con sus altos y sus bajos, con sus buenos y no tan buenos resultados. Este trabajo es, por tanto, en última instancia, una demostración de su compromiso no ya para con el alumnado sino para con el propio mundo académico y la nueva sociedad, en que no solo se trata de investigar desde una torre de marfil sino de enseñar y aprender constantemente para transmitir: *docere, delectare et movere*.

2.2. OBJETIVOS.

A la hora de plantear la realización de este TFM varios fueron los puntos que nos propusimos alcanzar. Pese a que sobre ellos no hemos podido ahondar tanto como quisiéramos, dada la expansión de la reciente pandemia de la COVID-19 que ha coartado nuestro trabajo tanto en campo como en laboratorio, sí que hemos podido finalmente, aunque como venimos diciendo de manera introductoria, llevar a buen puerto lo que además de ser nuestro Trabajo Fin de Máster ha sido un proceso de aprendizaje personal y esperamos pueda ser de ayuda a otras personas.

Uno de los primeros objetivos que hemos tratado de acometer, de manera preliminar, y antes de entrar en detalles, ya que nos pareció adecuado en el contexto de nuestro trabajo, fue el de desarrollar un tema pocas veces aquilatado en el transcurso de nuestra educación, como es el de la comprensión del patrimonio, cómo se construye, para quiénes, con qué fines, a qué está sujeto y cómo debemos trabajar con él conociendo estas premisas.

De otro lado, y en segundo lugar, habiendo explicado las circunstancias que rodean la configuración de los bienes patrimoniales, nos zambullimos de lleno en ese giro epistemológico en que se encuentra inmersa nuestra disciplina por la irrupción de las nuevas tecnologías y el cambio a lo que hemos dado en llamar la Era de la información. Como consecuencia de esto, dimanarán las Humanidades Digitales (HD), a las que también hemos querido prestar atención de muy modestas maneras.

El cuarto de nuestros objetivos brota directamente de nuestra incorporación a un equipo transversal como el que ya exponíamos con anterioridad en que las tecnologías están a la orden del día. Siendo esto así, la cuestión radicaba en indagar y reconocer qué técnicas hay a disposición que nos puedan apoyar en nuestra línea de estudio sobre la musivaria romana con la que pretendemos seguir en la tesis doctoral.

Primeramente, demandábamos una herramienta que facilitara el almacenaje, organización, estructuración, gestión y visualización de todos los datos a la vez o de manera selectiva, en una circunscripción geográfica, esto es, una base de datos geoespacial. Por este motivo, se optó por QGIS que, además, es un *software* libre, hecho entre, por y para todos.

No obstante, al sernos desconocido, tuvimos que empezar a trabajar con este programa desde cero. Al entender que no todo el mundo está habituado a su uso, aún a pesar de su utilidad y eficacia, nos propusimos de un lado, iniciarnos personalmente explotando nuestro propio

corpus de mosaicos, mientras que, a la vez, explicábamos cómo se emplea la herramienta y de dónde podemos obtener la información geográfica en nuestro país.

Aún con esto, imperaba la necesidad de una conservación virtual, pues en el ámbito de la musivaria, como bien es conocido por todos, la preservación de la misma, ya sea *in situ* o en los museos correspondientes, conlleva una serie de complejos elementos difíciles de alcanzar. *Id est*, si los pavimentos se mantienen en el contexto de las diferentes *domus* o *villae*, edificios públicos o privados de distinta entidad (termas, teatros, circos, templos), se requiere una estructura y un personal de vigilancia para la salvaguarda de estos, amén de la inversión en capital para sufragar su amparo ante manos ajenas; al efecto puede traerse a la mente ejemplos de expolio recientes tales como el Mosaico de Medusa de la Villa de Río Verde (Marbella, Málaga)². Si por el contrario se opta por la acogida de estos en museos, dejando de lado las labores técnicas de extracción y recomposición por personal cualificado, la exposición de los mismos exigirá un espacio considerable, dadas las dimensiones del material en cuestión, a no ser que la balanza se incline por la exhibición desmembrada de sus figuras más emblemáticas³.

En otros muchos ejemplos los museos han preferido protegerlos, divididos en distintas partes como si de un rompecabezas se tratara, en sus almacenes. Ello genera como consecuencia directa que el investigador interesado, al acudir a las diferentes instituciones solicitando el acceso al material, tope con esta problemática, sin poder contar siquiera en múltiples ocasiones con fotografías cenitales en su contexto antes del momento de su traslado.

Este inconveniente, al que se une la limitación temporal del Anuario Arqueológico de Andalucía, las lagunas y continuas ‘caídas’ del ‘buscador domus’ del Portal de Museos de Andalucía, la Red Digital de Colecciones de Museos de España, el Museo Arqueológico Nacional (MAN), el Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (IAPH) y su Guía Digital del Patrimonio Cultural de Andalucía, es precisamente lo que nos hace plantearnos como metodología la conservación virtual, ya no solo como un primer paso o propósito hacia la vía que aquí nos atañe de la investigación y la difusión abierta a nivel académico, sino también como forma de divulgación al público en general.

² Al respecto, puede consultarse la noticia relacionada en el periódico *La Vanguardia* de 13 de enero de 2016 a través de su acceso web: <https://www.lavanguardia.com/cultura/20160113/301376587274/robo-medusa-villa-romana-rio-verde-marbella-mosaico.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

³ Ejemplos de ello serían el Mosaico de las Estaciones de Carmona (Sevilla) -en que la parte del Verano está en el museo municipal, el Invierno presidiendo una sala del ayuntamiento y la Primavera en la parte musealizada del Conjunto Arqueológico de Carmona- o el de Príapo cuyo emblema está en el Museo de la Aduana de Málaga y el resto almacenado en el Museo Arqueológico de Córdoba.

Indudablemente no podemos achacar estas lacras al material obtenido por excavaciones o prácticas diversas durante la primera mitad del s. XX o períodos anteriores, por razones obvias en lo referente a los recursos existentes. Empero, sí que estamos aún a tiempo de aplicar las técnicas aquí analizadas subsanando estas carencias.

Sin embargo, antes de entrar en materia sobre técnicas de conservación virtual, tendríamos que saber qué posibilidades nos ofrecen y cuáles son las normas o consejos que sobre ellas se han redactado por distintas entidades nacionales e internacionales.

En último lugar, como bien se podrá inferir por el desarrollo de nuestros objetivos, indefectiblemente, nos exigimos la aplicación de dos técnicas concretas como son la fotogrametría y el escaneado láser terrestre. De ambas, al igual que con QGIS, nos dispusimos a conocer la metodología, investigación o trabajos previos a su aplicación, la toma y procesado de datos, los resultados que nos brindaban y finalmente, la comparación entre ellos y su productividad.

Para todo esto, y aunque entendemos que en momentos su lectura pueda resultar de lo más pesada -previamente nos disculpamos-, preferimos y abogamos en su momento por la descripción exhaustiva de los pasos a dar en cada uno de los procesos, entendiendo este trabajo no como algo individual sino como unas páginas que puedan socorrer a quienes deseen iniciarse, sin tener que acudir a manuales en que el lenguaje no está ‘adaptado’ a historiadores, o a multitud de videotutoriales en que por ser más ‘cortos’ y ‘atractivos’ no muestran al completo las formas en que se ha de proceder, desorientando y desalentando al aprendiz. Remediar en fin, lo que en primera persona tuvimos que enfrentar y han afrontado numerosos investigadores en nuestra disciplina.

2.3. METODOLOGÍA Y FUENTES.

Realmente, la primera planificación que hiciéramos de este TFM, se dirigía más bien en el sentido de las HBIM o *Historical Building Information Modeling*, una forma también de almacenamiento de datos y reconstrucción virtual. Sin embargo, tras varias conversaciones con el tutor de este trabajo y sugerencias por los compañeros del laboratorio, llegamos a inclinarnos por la aplicación de las tres técnicas aquí explicadas. De las cuales, la tercera, el escáner láser, fue un ‘fichaje’ de última hora, pues como dijimos recién la habíamos incorporado en el verano de este año y la habíamos puesto en práctica en escasas ocasiones por las restricciones de la pandemia.

Aún a costa de que nuestra labor pudiera parecer veleidosa, también hemos de decir que el hecho que de la aplicación haya sido sobre el Mosaico de Minerva en el Museo Arqueológico Municipal de Jerez, fue fruto de la constante actualización que hacemos sobre el primigenio *corpus* musivario que tenemos ya que, realmente, no supimos de su existencia -a pesar de que es recogido por la tesis doctoral del Dr. D. Daniel Martín-Arroyo- hasta febrero de 2020.

Un hecho curioso este, ya no solo porque esta que escribe es de la misma población, sino porque teniendo en cuenta que este ingresó en el Museo Arqueológico Municipal de Jerez el 10 de diciembre de 1959, debiera aparecer en el *Corpus de Mosaicos Romanos de Sevilla, Granada, Cádiz y Murcia* de Blázquez, que es posterior, de 1982. Lo que es más, para otras provincias, el Prof. Blázquez incluso anexa adendas o noticias al final de sus *corpora* con aquellos de los que se tiene escasa referencia o se sabe de oídas que existe en alguna villa o colección privada, lo que no ocurre con nuestra provincia en sus páginas. Tampoco en otras publicaciones de autores dedicados a la musivaria romana aparece reflejado este, quizá por la dudosa autenticidad de la que hace gala, aunque en su superficie pueda llegar a apreciarse lo que parece ser mortero real del momento.

Pese a esto último, dado que tanto el Laboratorio de Historia del IVAGRO, donde tenemos todo el material, como esta que escribe, están en Jerez de la Frontera, decidimos poner en práctica las técnicas conocidas sobre este mosaico, lo que facilitaría el transporte de instrumental bastante sensible, así como el que se pudiera repetir en caso de haber algún fallo en la toma de datos.

Por cuanto respecta al resto de la musivaria tenida en cuenta para su tratamiento en QGIS, el inventario se hizo sin poner un límite cronológico, es decir, abarcaríamos desde el primero hasta el último, lo que nos da un lapso temporal que transcurre desde aproximadamente el s. I

a.C. hasta el V o VI d.C. según las dataciones que tomemos de los distintos autores. Ello permite la capacidad de analizar el desarrollo estilístico junto con la evolución histórica del marco geográfico de la Bética y factores relacionados como la pujanza del territorio por su producción en los primeros tiempos. De otro lado, aun siendo conscientes de la no correlación entre el territorio administrativo actual y el de la época de estudio, y que lo ideal hubiera sido que se respetara el espacio geográfico de la Bética romana, hemos optado por lo primero por su mayor comodidad para trabajar, puesto que para observar donde quedan los mosaicos según qué etapas y fronteras basta con habilitar o deshabilitar unas determinadas capas en QGIS.

Para dicho catálogo y la obtención de los datos que incluiríamos en él, la metodología consistió en la consulta de los diversos *corpora* publicados con la musivaria de las distintas provincias de nuestra comunidad autónoma, en total, un número de cinco: dos de J. M. Blázquez, *Mosaicos romanos de Córdoba, Jaén y Málaga* (1981) y *Mosaicos romanos de Sevilla, Granada, Cádiz y Murcia* (1982); otro, de A. Blanco Freijeiro, *Mosaicos romanos de Itálica (I)*, de 1978, completado en 2011 por I. Mañas con *Mosaicos romanos de Itálica (II)*; y, finalmente, el *corpus* publicado en 2017 por S. Vargas, G. López Monteagudo y S. García-Dils, *Mosaicos romanos de Écija*. En todos ellos la información proporcionada viene a ser la misma, medidas o dimensiones, tamaño y/o colores de teselas, cronología, bibliografía específica y descripción formal del mosaico, a la que se unen las láminas con fotografías o dibujos de cada pavimento. A estos anteriores, se les une una publicación de 2010, *Arte Romano de la Bética. Mosaico. Pintura. Manufacturas*, que, sin ser *corpus*, recoge de manera actualizada la mayor parte de los de Andalucía.

Elaborado el listado, decidimos ordenarlo por provincias, comenzando por Cádiz, por ser cuna de este TFM. Partiendo de ahí, seguiríamos con el resto de provincias a la manera inversa de las agujas del reloj. A su vez, dentro de cada una de las provincias andaluzas, están ordenados de W-E, excepto aquellos que son de procedencia desconocida, que quedan relegados al final de la lista de su provincia.

Dejando estas labores de lado, y como se puede ver en el año de edición de los *corpora* principales, muchos quedaban por añadir a nuestro inventario definitivo, pues había que actualizarlo a fecha de diciembre de 2020. Para ello, las noticias de descubrimientos de nuevos pavimentos han sido fundamentales, así como el continuo contacto con las administraciones y museos que han cooperado en un sinnúmero de ocasiones.

Para el acceso específico a la información de los mosaicos de manera individualizada, así como sobre las técnicas que en ellos aplicamos, las monografías y artículos, proceden mayormente de búsquedas web –a través de denominaciones, palabras clave o autores versados en la temática- en plataformas científico-académicas como Dialnet, Academia.edu, ResearchGate, Google Libros o Google Académico. El Centro Superior de Investigaciones Científicas también, en su enlace al Grupo de Investigación Mosaico Hispanorromano (CCHS-CSIC), aparte de los *corpora*, contaba con algunos títulos interesantes para nuestro TFM. Todo ello sin olvidar claro, los recursos que nos han ofrecido las distintas áreas de catálogos de las bibliotecas, no solo de nuestra universidad, sino las de Andalucía en general, de las que hemos podido recibir ejemplares gracias al tan útil servicio de préstamo interbibliotecario. A estas también se les han unido las búsquedas en la Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes –sobre todo para las láminas y dibujos digitalizados de Demetrio de los Ríos de mosaicos perdidos de Itálica-, o en la Biblioteca Nacional de España, cuya hemeroteca digital –para indagar sobre noticias antiguas de algunos descubiertos-, y tan amplio catálogo, no solo de libros sino también de mapas, han sido de bastante ayuda.

Asimismo, como recursos digitales, aunque dejando bastante que desear, han sido páginas web como la del Portal de Museos de Andalucía, en la que aparecen tanto los museos provinciales como los distintos conjuntos arqueológicos y los museos del arte, de donde intentamos obtener datos y fotografías de nuestra musivaria. Entrando en cada uno de ellos, seleccionando dentro del menú el acceso a fondos en las colecciones, se ingresa en el ‘buscador domus’, donde por medio de la búsqueda avanzada ‘objeto > mosaico’ salen algunos resultados. No obstante, la mayoría, ha de tenerse en cuenta, no están inventariados en los fondos digitales. La Red Digital de Colecciones de Museos de España, desde su enlace web, www.ceres.mcu.es, o el mismo Museo Arqueológico Nacional (MAN), proporcionaron también fichas sobre los pavimentos que no estaban en su lugar de procedencia, como el Mosaico del Rapto de Europa de Fernán Núñez (Córdoba), actualmente en la colección hispanorromana del MAN. El IAPH o Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, en su página web, así como su Guía Digital del Patrimonio Cultural de Andalucía y el Tesoro del Patrimonio Histórico Andaluz, son otros de los buscadores útiles para la musivaria y sus contextos.

Las fotografías de los pocos mosaicos que están digitalizados, dada su baja calidad, hizo que hubiéramos de acudir a otro de los recursos que durante nuestros años de alumna colaboradora aprendimos a usar, Adobe Photoshop, con que editamos y mejoramos todas las

fotografías incluidas en la tabla de atributos de nuestra capa ‘Mosaicos’ en QGIS, en la medida de lo posible.

La documentación gráfica que no pudimos obtener en el Portal de Museos de Andalucía ni de publicaciones concretas, se ha intentado conseguir a través del contacto directo con los museos o administraciones contenedoras. Hemos de agradecer la especial atención recibida por D. Juan Jesús Cantillo Duarte, del Museo de Vejer de la Frontera (Cádiz); Dña. Carmen Machuca Donado (Departamento de Museos y Conjuntos de la Delegación Territorial de Fomento, Infraestructuras, Ordenación del Territorio, Cultura y Patrimonio Histórico en Cádiz); Dña. María Luisa Millán Salgado (Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia); D. Manuel Romero Pérez, del Museo de la Ciudad de Antequera (Málaga); D. Julio Román Punzón, arqueólogo director de la Villa Romana de Salar (Granada); la Oficina de Turismo de Quesada (Jaén); D. Manuel Aguayo, del Museo Arqueológico y Etnológico de Córdoba; D. Antonio Fernández Ugalde, del Museo Histórico Municipal de Écija (Sevilla); D. Antonio J. García López, director de la Colección Museográfica del Mosaico Romano de Casariche (Sevilla); y, Dña. Beatriz Serrano, del Antiquarium de Sevilla, por su excelente trato e interés, su inestimable amabilidad y por su ayuda más allá de meras fotografías, aportando bibliografía, expedientes y documentación de sumo interés.

Fuera del ámbito andaluz, de los recursos de la región y de sus investigadores, hemos contado con el auxilio de la AIEMA o la *Association Internationale pour l'Étude de la Mosaïque Antique* -cuya vertiente española es la AEEMA o Asociación Española para el Estudio del Mosaico Antiguo- que en sus boletines y conferencias internacionales ha dado alguna que otra información complementaria; o la *Encyclopaedia Britannica* (www.britannica.com), como complemento a nuestro diccionario mitológico de Pierre Grimal, con el que hemos establecido las divisiones temáticas y subtemáticas.

A niveles geográficos, para obtener los .wms y los mapas en .shp tanto el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), como la Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDEAndalucía) y los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA) contenidos en el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, nos han sido fundamentales, como posteriormente podremos ver en su oportuno apartado. Aunque estos no habrían sido aplicados apropiadamente si no es por la formación recibida por la Dra. Jenny Pérez Marrero, el Dr. Pedro Trapero Fernández y el investigador predoctoral D. Domingo Martín Mochales.

En lo que respecta a la fotogrametría, para el trabajo de campo hemos contado en numerosas ocasiones con la oportunidad de aprender de los investigadores predoctorales D. Manuel Ruiz Barroso y D. José Antonio Calvillo Ardila -que además para el caso práctico de este TFM apoyó con material, su cámara y sus conocimientos-; la Dra. Pérez Marrero, para la aplicación de la estación total -que aquí no podremos utilizar al estar descontextualizado el mosaico- y D. Domingo Martín Mochales, que no pocas veces nos ha asistido con sus nociones avanzadas sobre fotografía profesional.

Para nuestra instrucción en el *software* de PhotoModeler Premium, ya que no es el usado por los compañeros, la metodología ha sido más bien autodidacta a partir de manuales como el de D. Jorge Tomás Cueli López, *Fotogrametría práctica: tutorial PhotoModeler* (2011) y sus videotutoriales en YouTube -<https://www.youtube.com/user/PUNTOARQUITECTURASLP/videos>- así como los propios de PhotoModeler -<https://www.youtube.com/user/PhotoModelerGuy/videos>-. También el soporte técnico del programa y uno de sus ingenieros, D. Pablo Vicente Legazpi, han contribuido sobremanera con sus consejos, correcciones y lecciones, incluso en su tiempo vacacional -cosa que no podemos agradecer lo suficiente-, en ese proceso de ensayo-error, que hemos ido llevando a término en este tiempo.

Para el escáner láser, concretamente el BLK360, tuvimos la oportunidad de asistir al curso que se nos impartió durante un par de días en junio por uno de los técnicos de Leica Geosystems, D. Juan Antonio Rodríguez Suárez y, además, contamos con los manuales proporcionados para su uso y el de los *softwares*. Ya que no es un equipo del que hayamos explorado completamente el flujo de trabajo y todas sus posibilidades, aún estamos en esa fase de aprendizaje.

Ulteriormente, hemos de agradecerle como contribución a nuestro trabajo, la ayuda a la Real Academia de Historia y a su inmediato y eficaz servicio de Publicaciones y Reproducciones que, a través de consultas por correo electrónico, nos proporcionaron en su momento de manera digitalizada algunos boletines en que aparecían varios mosaicos solo mencionados de pasada por las fuentes. Aunque la cosa no quedó solo entre historiadores, sino que también fundaciones como la Fundéu BBVA (Fundación del español urgente), nos socorrió en las dudas sobre la correcta escritura de determinadas palabras técnicas, préstamos lingüísticos o la ortotipografía informática que debíamos aplicar en este TFM, cosa que usualmente hace con bastante rapidez y eficacia.

En caso de querer conocer explícitamente en qué hemos usado cada fuente y ampliar el proceso que aquí describimos, puede consultarse nuestra bibliografía en que se recogen todos y cada uno de los recursos de los que nos hemos valido y que no se han expuesto pormenorizadamente en estas escuetas páginas.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

3.1. SOBRE EL CONCEPTO DE PATRIMONIO Y LAS HUMANIDADES DIGITALES.

Antes de entrar en materia sobre cómo afecta la revolución tecnológica a nuestra labor como profesionales, investigadores o docentes, hemos considerado oportuno dedicar un brevísimo subapartado a una pregunta que durante el desarrollo de las clases impartidas en el máster cursado se ha venido repitiendo desde el principio: ¿Qué es patrimonio?

Quizá, lo que en primera instancia pudiera resultar tan lejano al cuerpo de nuestro trabajo, tan obvio y suscitar múltiples y sencillas respuestas, hemos tenido la oportunidad de comprobar que, por el contrario, es más bien un intrincado, embarazoso y arduo laberinto del que por más que intentemos salir conociendo sus engaños y enredos, finalmente, acaba por embaucarnos y hacer de nosotros lo que necesita en cada momento. En los párrafos que siguen, podrá el lector comprender mejor esta última reflexión y la complejidad que intentan expresar nuestras palabras.

En uno de sus artículos, el sociólogo Daniel Muriel⁴, intentando responder a la pregunta que hacíamos, se desvincula totalmente del discurso de la *Historia Tradicional* para adoptar como metodología la de la *Genealogía* y la *Historia Efectiva* foucaultiana de origen nietzscheana, pretendiendo con ello estudiar no ya el concepto de patrimonio partiendo desde este mismo sino desde el momento que se considera clave según su propuesta: la invención, el *Erfindung* de Nietzsche frente al concepto de origen o *Ursprung*.

A la manera en que se hace salir al prisionero de su caverna en la *República* de Platón, este autor, demostrando las artimañas del discurso del poder, nos muestra cómo realmente el patrimonio -tal como lo concebimos actualmente- es una invención que no se remonta sino a la segunda mitad del s. XX en adelante. El patrimonio cultural, como signo lingüístico, ha sido ingeniado por unos poderes concretos enmarcados en un contexto histórico preciso, que lo hace constar en sus leyes y normativas veladas por unas instituciones que se encargan de gestionarlo⁵.

⁴ MURIEL, D.: El modelo patrimonial: el patrimonio cultural como emergencia tardomoderna, *Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 14, nº 1, 2016, pp. 181-192.

⁵ Recuérdese el preámbulo de la Carta de Venecia de 1964: ‘la conservación y la restauración de los monumentos sean consensuados y formulados en una dimensión internacional’ *vid.*: https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020); o el punto primero de la Carta de Atenas de 1931 ‘desea que los estados se presten recíprocamente una colaboración [...] Corresponderá a la Comisión Internacional de la Cooperación Intelectual, después de las solicitudes hechas por la Oficina

Dentro de lo que sería el *panoptismo* del sistema de poder, la vigilancia y el control -entendidos a la guisa de Foucault- serían ejercidos por medio de la extensión y difusión de dos formas de sancionar ese alegato de necesidad de protección del patrimonio y la historia: la *equiparación* y la *adaptación*⁶. El primero de los métodos podría trocarse por una palabra muy conocida por los historiadores, el anacronismo, pues consiste en hacer creer a la sociedad que el patrimonio cultural es algo que viene de antaño, lo que refrenda su continuidad en el tiempo y su protección precisamente por su trascendencia a lo largo de los siglos. De otro lado, la adaptación brota como consecuencia de la equiparación, esto es, al entender que hay un desarrollo histórico, se pretende hacer columbrar que el significado siempre ha existido y que el significante y el signo lingüístico -a veces asimilados- solo han cambiado a raíz de dicho desarrollo, lo que nos dejaría en que el monumento histórico viene a significar lo mismo que bien cultural, que la idea es la misma solo que con diferente nombre o denominación.

Una diatriba esta última que no es nada novedosa, al efecto, recuérdese el diálogo mantenido entre Hermógenes y Crátilo en la obra de Platón que lleva por título este último nombre, donde el primero de los personajes defiende que las palabras con que se designan las cosas son fruto de una convención social, pudiendo ser reemplazados por otros cuando así se requiera, mientras que el segundo, Crátilo, mantiene la idea de que estas abarcan la naturaleza de lo nombrado, lo que significa que si se usa un concepto distinto aunque sea sinónimo, este pasa a contener una esencia distinta a la anterior.

Sin detenernos en análisis lingüísticos y teorías varias relacionadas, lo que nos vendría a decir Muriel, es que no habría que confundir entre la preocupación por el objeto/monumento histórico y la del patrimonio cultural, puesto que mientras que la primera percepción tiene como protagonista al objeto en sí, la segunda, convierte a la sociedad en personaje principal que crea, construye y moldea su historia y los elementos que la representan. No obstante, esto no imposibilita la consonancia entre ambos elementos, pues existe un proceso de génesis del patrimonio como ente histórico a través de lo que sería el coleccionismo individual motivado por la conciencia del paso del tiempo -desde la Antigüedad hasta la E. Moderna- que mudaría en sentido histórico en la Ilustración, manteniéndose en la actualidad, a consecuencia del progreso experimentado que pone de relieve la necesidad de conservar el pasado en pequeñas

Internacional de Museos y después de haber obtenido de sus organismos locales la información pertinente. Dictaminar sobre la oportunidad de las medidas a tomar y sobre los procedimientos a seguir en cualquier caso particular ' recurso web disponible en <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:40dcc432-525e-43a7-ac7a-f86791e2f5e6/1931-carta-atenas.pdf> (última consulta 1 de diciembre de 2021).

⁶ MURIEL, D.: *op. cit.*, p. 182.

‘muestras’ para una colectividad. En este sentido, el proceso de patrimonialización, iniciado en la segunda mitad del pasado siglo tal como defiende este autor, no sería más que una construcción de un modelo autorepresentativo de la sociedad en un lugar y tiempo determinados de manera consciente, común y autogestionado.

La arqueóloga australiana Laurajane Smith, también con influencias posmodernistas, secunda esta tesis en que el patrimonio cultural, un modelo autorepresentativo *ab origine*, como decimos, no sería más que un espejo que devuelve una imagen narcisista que el poder crea de sí mismo e intenta inculcar en la sociedad como propio⁷, un discurso autorizado que no es sino la forma en que el poder se impone y acaba con lo que el filósofo francés Foucault denominaba como *ilegalismos*, ese juego o lucha de clases.

Así pues, teniendo claro lo ‘ficticio’ del bien cultural y que este ha sido ‘inventado’ en un momento específico para aupar y mantener a un poder concreto en la cima, habría que preguntarse sobre qué aspectos se derivan de ese acto comunicativo que supone la idea de patrimonio. Evidentemente, el discurso autorizado, en primer lugar, lo que pretendería sería legitimar el poder, lo que conseguiría con un talante pacífico a través de la conservación de esas ‘muestras’ históricas y colectivas de las que anteriormente hablábamos, pues con ellas se es capaz de reconstruir un pasado común que a su vez haría alusión a una historia propia que generaría una identidad en torno a ella, extensible, claro está, hacia el futuro. No obstante, hemos de tener en cuenta que al crear, validar y defender una identidad o memoria cohesionada se están excluyendo otras, los *ilegalismos*. La génesis de dicho discurso en la Europa Occidental lo sitúa nuestra autora algo antes que Muriel, en el s. XIX, donde ya se consigue que el sujeto de unas ideas -previamente manipuladas- por supuestas y se despreocupe de sí mismo y de destapar los oscuros mecanismos por los que se regulan las relaciones de poder.

Elucidamos así cómo, valiéndose de un objeto físico, obtiene y difunde algo intangible, la identidad, con unos sentimientos de confortabilidad que emanan de ese contacto directo con el pasado que se mantiene en el presente por la conciencia conservacionista y que se ha de salvaguardar para las generaciones venideras en que igualmente habrá de seguir vigente la unidad, asegurando la comprensión de los sujetos en su entorno y en el mundo, lo que se vincula ya con los sentimientos localistas/regionalistas, nacionalistas e internacionales en los que más tarde nos detendremos.

⁷ SMITH, L.: El ‘espejo patrimonial’ ¿Ilusión narcisista o reflexiones múltiples?, *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología*, nº 2, 2011, pp. 39-63.

Como escuderos del poder y su necesidad de preservar el frágil patrimonio aflorarán los expertos con funciones administrativas, de gestión, comunicación y difusión del patrimonio cultural, cuyo deber radicarán en una máxima irrefutable: conservar dicho patrimonio tal como fue, sin modificarlo. Un cuerpo de élite este, que se enrola en el juego del poder validándolo a cambio de no quedar excluido, tener acceso privilegiado a los bienes defendidos y su información así como conseguir que sus discursos sean avalados y sancionados.

Los profesionales del patrimonio -historiadores, arqueólogos, historiadores del arte o antropólogos, *verbi gratia*- son aquellos que ayudan a la construcción de tres formas de interactuar con la sociedad dimanadas del poder que analiza la citada autora australiana⁸: el primer proceso, consistiría en hacer sentir a toda la sociedad, independientemente de su clase o *status*, parte de una misma historia, creando una identidad que se mantiene sin perderse desde el pasado y en conexión con este, sin que haya capacidad de sentir que existe un conflicto de clases al ensalzar la unidad y preponderancia de la historia como algo bonito, bello y carente de disputas sociales; en segundo lugar, para evitar sediciones, con la política de reconocimiento, se crea un discurso en torno a la memoria de la clase obrera -alienación-, que al considerarse equiparada sosiega y se introduce en el discurso de las emociones más espontáneas al rememorar a sus antepasados más directos; ulteriormente, el poder también es capaz de autorizar la degeneración conocida de su historia jugando con el concepto braudeliano de la *longue durée*, mitigando la culpa con la carencia o desaparición de ella a lo largo de los siglos o bien con el alegato de que los tiempos pasados sirvieron para aprender y mejorar en el presente.

En suma, la exposición de estas ideas que hemos traído a colación podría llevarnos a la conclusión de que el patrimonio no es más que una ficción y manera de alienar desde el poder en tanto en cuanto se dedica a negociar con el pasado reconstruyéndolo desde el presente, como un *teatro de las memorias*, según las necesidades políticas, económicas, sociales, ideológicas y culturales del momento.

Por consiguiente, una nueva cuestión se alzaría sobre nuestro horizonte: ¿Qué hay de los profesionales dedicados a la Historia y al patrimonio? El lector podría replicar que esto es algo que ya hemos aclarado en los párrafos anteriores, cosa que no es del todo correcta. Si bien hemos expuesto que estos parecieran estar al servicio del poder, no es menos cierto que esta consideración es hija directa del pensamiento posmoderno. Con esto último, lo que

⁸ SMITH, L.: *op. cit.*, p. 41-57.

pretendemos poner de relieve es aquello mismo que ya nos aclarara Caspistegui⁹: actualmente, y desde el fin de la I Guerra Mundial (IGM), el historiador ha caído en las garras de esa óptica posmodernista que pone en tela de juicio los discursos narrativos, admitiendo que no existe una única vía de interpretar la historia, sino múltiples, quedando así todo en entredicho. En el siglo XIX y principios XX, el historiador se cuestionaba sobre la metodología de trabajo, sin embargo, con este nuevo giro historiográfico la profesión se sumirá en una debacle, pues el cambio en la percepción del pasado hará que nos planteemos a lo kantiano *quiénes somos, de dónde venimos y a dónde vamos*.

Se nos antoja, desde nuestra moderna postura, más que indudable nuestro pasado: en tiempos previos, los profesionales de la Historia se hallaban indisolublemente unidos al nacimiento de los estados nación, a los que acuciaba la necesidad perentoria de difundir, enseñar a la sociedad, moldeándola a gusto y haciéndola sentir ente principal de su historia logrando que su interés se volcara en esta. No obstante, tras la IGM, nos dice este autor, con la pérdida de fuerza de los nacionalismos, la disciplina entrará en una fase de coma de la que no volverá sino hasta la década de los 70 del s. XX, reconvertida en una Historia por y para lo social. Pese a ello, volverá segmentada, pues de un lado quedarán aislados los académicos en las universidades, haciendo de su disciplina una ciencia con una ortodoxia y ética envidiables en un infructuoso intento de apoliticismo -aunque algunos mostrarán su más ferviente y extremo compromiso en el contexto de la Guerra Fría-; y, de otro lado, el reciente contexto histórico con la globalización como protagonista, buscará profesionales públicos *encargados* de ‘inventar’ un pasado para esa masa social confundida por la internacionalización de la cultura, que necesita *identificarse* volviendo a sus *orígenes*, lo que a su vez va íntimamente ligado al fenómeno consumista del turismo, como una muchedumbre curiosa ávida de conocer lo exótico y diferente no solo a ella sino al mundo global, cada vez más industrializado y uniforme.

El acaecimiento en las últimas décadas del turismo, el consumismo y ese nuevo sentimiento localista, regionalista y nacionalista cada vez más inmiscuido en la elaboración de *su* historia gracias a la información que proporcionan las NTIC da lugar a que los historiadores se cuestionen sobre qué somos (¿investigadores, docentes, educadores cívicos, profesionales *cuasiliberales*, creadores de memorias?), hacia dónde vamos, y cuál es nuestra *responsabilidad* en esta ‘pantomima’.

⁹ CASPISTEGUI, F.J.: Sobre el papel social del historiador o ¿para qué servimos?, *Memoria y Civilización*, vol. 6, 2003, pp. 191-207.

So pretexto de las fiestas astures y cántabras que se celebran en el noroeste español, enfrentando a indígenas y romanos, los arqueólogos y miembros del CSIC, Pablo Alonso González y David González Álvarez¹⁰, hacen un análisis precisamente de esto que comentamos sobre la creación del pasado reproduciendo la historia y necesidades presentes de las poblaciones así como el papel de un novedoso sujeto-bisagra que ellos llaman¹¹, o expertos no académicos de la historia. Y es que el creciente interés por los tiempos pasados no solo se ha mostrado en el cine o la televisión con sus documentales, sino que la sociedad está yendo más allá y ahora pretende meterse en el papel de sus más remotos antepasados mediante las recreaciones. Ya no basta el observar, sino que ha de introducirse y formar parte de ella. Las escenificaciones públicas son un modo de invención de la tradición en que lo que se busca es precisamente algo común entre el pasado más deseable y el presente como vínculo que facilita y ratifica la continuidad (intentando evitar y reproducir ‘traumas’), creando además con tal ritual un sentimiento de cohesión identitaria integrado que se marca como objetivo no solo el distinguirse de los demás o algo tan banal como el divertimento, sino la difusión -con lo que ello supone a día de hoy- y el rédito económico. Ejemplos cercanos podemos verlos en los yacimientos romanos de Baelo Claudia o Itálica¹².

Esta repercusión y creación de la historia *desde abajo* hará posible que ‘las percepciones de los más se conviertan más importantes que el conocimiento factual de unos pocos’¹³. Así es como los académicos y sus complejas interpretaciones son sustituidos por el acceso a las fuentes originales reinterpretadas por esos sujetos-bisagra. Para evitar lo que esto último supone, nuestros autores proponen la práctica generalizada del *open access*, es decir, la difusión y democratización de la actividad investigativa sufragada además con fondos públicos de esa masa que no merece ser ignorante a costa de sus impuestos.

¹⁰ ALONSO GONZÁLEZ, P. & GONZÁLEZ ÁLVAREZ, D.: Construyendo el pasado, reproduciendo el presente: identidad y arqueología en las recreaciones históricas de indígenas contra romanos en el Noroeste de España, *Revista de dialectología y tradiciones populares*, vol. 68, 2013, pp. 305-330.

¹¹ *Ibid.*, p. 319.

¹² Sus actividades son promocionadas en periódicos o a través de las agendas de ‘ocio’. Al efecto pueden consultarse noticias web como la de *La Vanguardia* en el verano del pasado año 2019 para Baelo Claudia, <https://www.lavanguardia.com/vida/20190608/462731519656/baelo-claudia-en-tarifa-cadiz-vive-su-primera-recreacion-de-la-epoca-romana.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020) o programas para Itálica, dentro de la agenda cultural de nuestra comunidad autónoma <https://www.juntadeandalucia.es/cultura/agendaculturaldeandalucia/evento/italica-viva-jornadas-de-recreacion-historica-en-el-conjunto-arqueologico-de-italica> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

¹³ HOLTORF, C.: *From Stonehenge to Las Vegas. Archaeology as Popular Culture*. Walnut Creek: Altamira Press, 2005, p. 5.

Gómez Ramos¹⁴ parece situar esta ruptura entre la contemplación pasiva de monumentos históricos y la consumición activa de costumbres e identidades en el s. XVIII, con la aparición del sentido histórico en el apolíneo Siglo de las Luces, un movimiento que verá en su presente una sociedad abocada al futuro, al progreso, al ocio para la consecución de la felicidad popular y al rendimiento económico. Por contra, la corriente del Romanticismo aferrándose al pasado, volverá la vista atrás: frente a la extensión del urbanismo, la industria, la razón y el ya citado progreso se reivindicará lo diferente frente lo común, lo báquico y sentimental, las particularidades, los pequeños retazos de historia sueltos, la historia como maestra de la vida. Por ello, los nostálgicos románticos se convertirán en viajeros que irán redescubriendo y describiendo las costumbres y tradiciones más ancestrales, dando lugar a una gran producción artística y literaria. Derivado indefectiblemente de este apogeo costumbrista y ensalzamiento de los paisajes e historias, provendrán un incipiente turismo y nacionalismo a los que los ilustrados sabrán sacar punta.

Como *de facto* es esto último puesto de manifiesto por Cocola Gant¹⁵, con el creciente interés por el monumento histórico, ciudades enteras serán reconstruidas en torno a estos, tal es el caso *e.g.* del Barrio Gótico de Barcelona (España), Carcasona en Francia, la *Grand Place* de Bruselas (Bélgica) o la Toscana italiana. En todos estos, el autor nos describe cómo, precisamente, para acrecentar el turismo a través de una marcada identidad, se reescribe la historia derribando barrios, edificios o monumentos realmente históricos considerados vulgares para crear otros -o los mismos- estéticamente aceptables en que se pueda apreciar de bellas maneras la ‘patina’ del pasado, el valor de la antigüedad y la huella del paso del tiempo por ellos. Con tal interés, atrevido que consideraríamos hoy, personajes como el bruselense Charles Buis escribirá publicaciones en que se describía cómo había de ser la estética de las ciudades (*Esthétique des villes*). Mussolini, creó la ciudad a modo de un recorrido histórico que llegaba hasta su presente legitimándolo en el poder, usando los monumentos como si de mercancías se trataran. No contentos con ello, en torno a estos, como champiñones, crecerán los mercadillos históricos, las artesanías, vestiduras y un largo etcétera de tradiciones inventadas muy rentables, de las que países con ‘escasa trayectoria histórica’, también querrán sacar tajada, comprando antiguas casas rurales o creando réplicas exactas de monumentos que formen parte de parques temáticos igualmente consumidos que los ‘falsos históricos’ del Viejo Continente.

¹⁴ GÓMEZ RAMOS, A.: *Reivindicación del centauro*, España: Akal, 2003, pp.23-27.

¹⁵ CÓCOLA GANT, A.: La fabricación de monumentos antiguos en la Era del Turismo de Masas, *E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, nº 11, 2012, pp. 114-133.

De todo lo argüido podemos deducir que ya no es uno solo sino dos los agentes básicos interesados en la historia: el poder -ayudado de sus ‘tecnócratas’- y la sociedad -consumidora por ocio, creación identitaria o ambas-. Todas estas modalidades de relacionarnos con el pasado podemos distinguirlas con Herman Paul y el capítulo tercero de su obra *La llamada del pasado*¹⁶. En ella, el profesor holandés, nos explica cómo la identidad y el significado que le proporcionamos a los objetos están vinculados a motivos económicos, estéticos, de conocimiento, políticos, etc., que aunque teóricamente intentemos dividir, lo cierto es que todas estas diferentes perspectivas del pasado coexisten indisolublemente unidas en la práctica.

En el campo teórico, Paul, parece distinguir y determinar cinco dimensiones de relación con el pasado: la epistémica, vinculada al conocimiento de lo ocurrido; la moral, conectada con el sentimiento de hacer justicia con la memoria; la política, concerniente a la toma de decisiones, cohesión social y soporte del poder; la estética, con objeto de resaltar lo bello; y, la material, que se distingue de todas las otras dimensiones por el hecho de que en esta no es lo que las personas hagan con el pasado sino lo que el pasado hace con estas. De esto además se derivan tres efectos: la *locución*, que sería la acción o construcción del patrimonio; la *ilocución*, o pretensión que se tenía a la hora de crearlo; y la *perlocución*, el efecto o los efectos que se derivan de las anteriores. Con este extracto de las ideas del autor, lo que pretendemos hacer ver al lector es que estas perspectivas hay que tenerlas en cuenta, pues con ellas construimos el pasado, pero también así lo percibimos, es una imagen de ida y vuelta, un proceso que nos aporta saber y del que se deriva, asimismo, la comprensión.

Teniendo en cuenta todo lo razonado podría interpelársenos acerca de la realidad del pasado. De nuevo, el holandés, acudiría en nuestro auxilio: habría que diferenciar la sensación histórica y el pasado histórico -ambos construcciones- de la realidad histórica. Núñez Florencio¹⁷, también nos aperece: no debemos caer en una concepción naíf, simplista e infantil, no es que no hubiera una realidad histórica, no es que todo sea esa ‘invención de la tradición’ de Hobsbawm y Ranger, cierto es que la realidad histórica, en cuanto fue, no podemos observarla y experimentarla en el presente, no podemos saber los pormenores sobre qué ocurrió en torno a las cenizas halladas de un fuego o incendio, pero desde la Historia crítica sí que podemos interpretar a través de las fuentes y los vestigios y diferenciar la leyenda de la realidad histórica.

¹⁶ PAUL, H.: *La llamada del pasado. Claves de la Teoría de la Historia*. Zaragoza: Instituto Fernando el Católico, 2015, pp. 49-83.

¹⁷ NÚÑEZ FLORECIO, R.: ¿Sirve la Historia para algo?, *RDL: Revista de Libros, Reseñas*, febrero 2014.

A priori, lo que hemos intentado en este apartado, aunque de manera muy genérica, es precisamente hacer ver los distintos segmentos y cortinas que componen ese laberinto al que nos enfrentamos a la hora de *hacer y trabajar* con el patrimonio. No es ya cuestión de escepticismo o suspicacia sino de tornar la inocencia e ingenuidad en cautela, cosa que no debe quedar en el mundo académico sino que es una información que debe volcarse en la propia sociedad como ‘consumidora’.

Como historiadores, estamos inmiscuidos en ese circuito, estamos participando en ese consumismo de la historia y el patrimonio, y más allá de analizar la sociedad que como ovejas demuestren con sus respuestas los principios teóricos que referíamos de identidad, unión, beneficios económicos y políticos, turismo, la sustitución de académicos por sujetos-bisagra que facilitan la difusión y comprensión de la cultura a través de *posts* o entradas en redes sociales o panfletos ‘leídos de un tirón’¹⁸, nuestra responsabilidad radica en la reinención o adaptación de la profesión al compás que las exigencias de nuestro contexto y su ciudadanía, evitar los discursos antaño unidireccionales y fomentar el sentido crítico en todos los ámbitos.

Evidentemente, no podemos evitar ser lo que somos, hijos de nuestro tiempo, y aunque ello no implique que estemos totalmente subyugados al influjo de las inclinaciones preponderantes en que se halla sumido nuestro período, lo cierto es que observando nuestra realidad, podemos percatarnos de que estamos sumergidos en plena Era digital, mientras la transición desde la analógica sigue dando sus últimos coletazos. De esta situación se deriva, como ya hemos comentado y no podía ser de otra manera, el que nuestra disciplina se vuelva a enfrentar a un problema ya conocido: el replanteamiento de su epistemología.

La controversia por la mediatización de las tecnologías digitales en nuestro contexto ha ido a parar en la acuñación y puesta en práctica de lo que algunos consideran tan solo un nuevo enfoque¹⁹, las Humanidades Digitales (HD). Sobre ellas, podríamos comenzar disertando tal como lo hacen la mayoría de los artículos de investigación en este ámbito: rememorando aquel ingenioso jesuita italiano, R. Busa, que en 1949, bajo el patrocinio de IBM, iniciara la creación, usando tarjetas perforadas, de un índice que superaba la decena de millón de palabras sobre las

¹⁸ SÁNCHEZ LUQUE, M. & BOTE CORRALO, D. (directores): El disparo que rompe el silencio. Arroyomolinos 1811, 2015, documental recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/112089> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

¹⁹ ROMERO FRÍAS, E. & SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M. (Eds.): *Ciencias Sociales y Humanidades Digitales. Técnicas, herramientas y experiencias de e-Research e investigación en colaboración*. España: Sociedad Latina de Comunicación Social, 2014, p. 29.

obras de Santo Tomás de Aquino, el conocido *Index Thomisticus*²⁰, en un alarde de lo que luego se reconocería como *Computing Humanities*²¹. Tal fue su logro que actualmente la *Alliance of Digital Humanities Organizations* (ADHO) concede un premio trianual en su nombre a aquellos investigadores cuya trayectoria en la incorporación de las NTIC a las humanidades y ciencias sociales sea más que notoria. No obstante, tras la primera introducción que hacíamos más arriba sobre la idea de patrimonio y su tratamiento, consideramos más que oportuno reproducir aquellas palabras que nos ofrecía Goubert²² en su reflexión sobre la ‘religión del progreso’ y que rogamos al lector conserve en su memoria: ‘le culte a ses prêtes [...] ses temples et ses autels [...], et ses fidèles. Tout interfère: les mentalités, la recherche fondamentale, la technique, le pouvoir.’

Para encontrar el origen de las HD hemos de remontarnos al año 2004, en que fue acuñado por Schreibman, Siemens y Unsworth²³, poniendo ya de manifiesto que no tratábamos simplemente de usar la tecnología como una herramienta, sino de ampliar miras junto a ellas.

Si bien es cierto que desde entonces el término ha tenido buena acogida y se ha ido extendiendo, también hemos de tener en cuenta que se encuentra aún en fase de definición, pues realmente los autores aún no han llegando a un consenso. Rojas Castro²⁴ reconoce en ellas un ‘conjunto de principios, valores y prácticas en donde convergen múltiples objetos de estudio y saberes cuyas fronteras se encuentran en continua negociación’. De su lado, Galina Russell²⁵ vislumbra en ellas una posibilidad de generación de un nuevo conocimiento que permita el progreso de las humanidades mediante objetivos vinculados a la creación de bases de datos con recursos digitales y el desarrollo de metodologías que permitan trabajar sobre dichos datos.

²⁰ BRAVO RAMÓN, F. J.: Un paradigma conceptual y metodológico de las Humanidades Digitales: las obras teatrales de carácter operístico del Barroco y el boceto del Proyecto PROCOB, *UNED, Revista Signa*, 25, 2016, pp. 221-245.

²¹ MCCARTY W.: *Humanities computing*, Basingstoke: Palgrave, 2005.

²² GOUBERT, J-P.: L’eau, la crise et le remède dans l’Ancien et le Nouveau Monde (1840-1900), *Annales*, n° 44-45, 1989, pp. 1076.

²³ SCHREIBMAN, S.; SIEMENS, R. & UNSWORTH, J.: *A companion to Digital Humanities*, EE.UU.: Blackwell Publishing, 2004.

²⁴ ROJAS CASTRO, A.: Las Humanidades Digitales: principios, valores y prácticas, *Janus: estudios sobre el Siglo de Oro*, n° 2, 2013, pp. 79.

²⁵ GALINA RUSSELL, I.: Qué son las Humanidades Digitales?, *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, n° 7, 2011, pp. 3.

Estamos así, ante una nueva praxis que agrupa un cúmulo de técnicas vinculadas a las NTIC que han modificado casi por completo el modo en que se produce y esparce el saber.

Grosso modo, tres son los conceptos sobre los que se cuestiona esa nueva metodología aún en construcción: la producción, distribución y el acceso al conocimiento. La metamorfosis que está atravesando nuestra ciencia desde la *Galaxia Gutenberg* a la *Galaxia Internet*²⁶ hace temblar los cimientos sobre los que se sostenía, ahora la tecnología e Internet son la base organizativa sobre la que se erige esa nueva Era de la información.

Tendemos a creer o pensar en la tecnología a la manera de herramientas que podemos aplicar como recursos sobre nuestros intereses, lo que se traduciría en una *tecnologización de las humanidades*, empero, frente a esta idea, los investigadores más versados en la temática nos advierten: se trata de Humanidades Digitales, *id est*, ante el cambio de paradigma, lo digital no debe primar sobre el pensamiento humanista, sino que ha de ser este sobre el que se edifiquen los fundamentos de aquel²⁷. No se trata pues de emplear únicamente las herramientas, sino de explorar inéditos modelos interpretativos para la mejora de la comprensión, aunque ello implique la disrupción con los esquemas conocidos, en ese camino que supone el emprendimiento y la innovación enfrentando los retos que la misma sociedad dispone, adoptando y adaptando las pautas del ‘ensayo-error’ que nos puedan seguir manteniendo a la vanguardia.

Sin embargo, y bien lo sabemos en el mundo académico, este primer proceso de tecnologización aún se está dando y no podrá avanzar sino se pone en marcha una total convergencia entre el pensamiento humanístico y el científico, pues gran parte de las herramientas con las que tendremos que lidiar y coexistir provienen del ámbito de las ‘ciencias no humanas’. Este nuevo reto, aunque se haya producido de manera tardía²⁸ implica el intercambio y la cooperación entre investigadores de todos los ámbitos, con el objeto de crear entre, por y para todos.

La necesidad de pensar nuestra disciplina desde la cooperación con la tecnología viene dada a su vez por un factor fundamental, la globalización y dos de sus grandes hitos que la refuerzan rompiendo todas las fronteras: Internet, surgido en la década de los 70 del pasado siglo XX; y,

²⁶ CASTELLS, M.: *The Internet Galaxy. Reflections on the Internet, Business and Society*. Oxford: Oxford University Press, 2001, p.1.

²⁷ ROMERO FRÍAS, E. & M. SÁNCHEZ GONZÁLEZ (Eds.): *op. cit.*, p. 15.

²⁸ ESTALELLA, A. & ARDEVOL, E.: e-Research: desafíos y oportunidades para las ciencias sociales, *Convergencia*, vol. 18, nº 55, 2011, pp. 87-111.

la Web, tan solo una decena de años mayor que el anterior y que ha evolucionado desde la estática web 1.0 a la polémica web 3.0 centrada en las bases de datos, la semántica, la inteligencia artificial y el 3D, habiendo pasado previamente por la web 2.0. o web social definida por la participación activa del usuario.

Esa universalización ha traído consigo una propagación sin límites de la información, de tal modo que el exceso ha llegado a ocasionar efectos tales como el que esta no pueda ser localizada, que cada vez sea más ardua la tarea de establecer delimitaciones y discriminar entre lo verdadero y lo falso, llegando esto a desencadenar una situación de estrés entre unos usuarios que se muestran incapaces de procesar, discernir y asimilar todo lo que se le sirve en esa amplísima bandeja digital.

En esta coyuntura es donde se hace ya ineludible la colaboración entre las ciencias para la consecución de la precisión y el tratamiento ordenado de datos. A nivel cuantitativo, se hacen imprescindibles las bases de datos (BB.DD.) con la pretensión de almacenar, organizar, gestionar, estandarizar, hacer estadística, rastrear patrones, etc. A escala cualitativa, el anterior paso permitiría un mayor poder de interpretación, profundidad y especificidad.

Para esa mejora de la producción en la investigación, *E-Investigación* o *E-Research*²⁹ también llamada, requiere varios elementos³⁰:

- En primer lugar, la cocreación, el trabajo en equipo, la colaboración que se traduzca en eso de lo que últimamente tanto se hace gala en el mundo universitario: inter, multi y transdisciplinariedad, para lo que inexcusablemente hemos de avanzar en un lenguaje común³¹ y plurilingüe que favorezca la comunicación, interoperabilidad y el sentimiento de comunidad científica.
- En segundo lugar, es menester contar con una infraestructura apropiada a nuestras necesidades en los centros: no solo tecnologías o plataformas que sirvan para acercar el mundo académico al ciudadano (comunicación/divulgación), sino también aquellas que

²⁹ El prefijo 'e-' en estos términos deriva del anglicismo *enhanced*, mejorar.

³⁰ ROMERO FRÍAS, E. & SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M. (Eds.): *op. cit.*, p. 25.

³¹ A este referente varios autores discuten sobre si el investigador ha de formarse en las disciplinas de las técnicas que aplica o bien simplemente contar con unos conocimientos previos que faciliten su comunicación con los expertos. Cfr. HAYLES, K. N.: *How we think: transforming power and Digital Humanities*, en BERRY, D. (Ed.): *Understanding Digital Humanities*, Gran Bretaña: Palgrave Macmillan, 2012, pp. 42-66.

auxilien a la labor investigativa (procesamiento). Ello debe estar favorecido y fomentado por la apuesta de unas políticas concretas.

- Finalmente y más importante: la formación transversal, tanto para investigadores y docentes como para alumnos³², no en el sentido de que adquieran los mismos conocimientos que programadores o ingenieros, sino para que alcancen el nivel suficiente como para participar activamente en los procesos de diseño, desarrollo y aplicación de técnicas y prácticas. De igual forma, ha de ser obligación que esta educación sea dirigida a la sociedad como consumidora y partícipe de estos recursos.

Precisamente para impulsar esa producción, formación, distribución y comunicación nacen, dentro de la *cultura de lo abierto*³³ y el *procomún*, los *softwares* libres de código abierto -promoviendo ese ‘process of learning by producing’³⁴-, el *Open Access* (OA) o las licencias *Creative Commons* (CC), ‘como unos recursos y bienes gestionados en común mediante unas formas de gobernanza particulares y cuyo régimen de propiedad no es ni público ni privado’³⁵. Con ello se va más allá del uso y disfrute de la producción científica en línea, abriéndose ante el usuario académico la posibilidad de reelaborar, criticar y usar las fuentes a nivel investigativo y educativo. Asimismo, dicha democratización de los recursos y su integración, aumenta la inmediatez, facilita su manejo y acaba con los impedimentos de tipo económico.

Este compromiso no quedaría aquí sino que en su rediseño, reconociendo su papel, llegaría hasta la sociedad -*Citizen Science, Crowd Science, Networked Science*-, demandante de unos conocimientos de mayor carácter didáctico -pues se resiste a la complejidad inherente a las ciencias-, de nulo o bajo coste, atractivo, interactivo, cómodo, de sencillo acceso gracias a los tan generalizados dispositivos portátiles y que, a través de su comprensión y visualización, lleve a la sensibilización y a la contracción de una responsabilidad conjunta para con su patrimonio.

Hasta este momento hemos esbozado lo que serían esas ideales y a la vez tan delicadas pinceladas de las que se compone ese nuevo cuadro que ofrecen las ciencias humanas, al punto

³²BORGMAN, C.: *Scholarship in the digital age*. Cambridge: MIT Press, 2007.

³³ Algunos otros autores lo conocen como ‘ética hacker’ por HIMANEN, P.: *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, Barcelona: Destino, 2003.

³⁴ CASTELLS, M.: *op. cit.*, p. 28.

³⁵ ESTALELLA, A.; ROCHA, J. & LAFUENTE, A.: Laboratorios del procomún: experimentación, recursividad y activismo, *Revista Teknocultura*, vol. 10, nº 1, 2013, p. 25.

de que alguno pudiera reconocer en ellas una utopía. Y es que en este sistema que tan deseable se nos revela seguimos arrastrando algunas lacras.

Como decíamos en las primeras páginas de este apartado los intereses geopolíticos y sus discursos legitimadores son los que finalmente acaban por definir las relaciones entre sujetos y sus pareceres. Detrás de ese cada vez mayor auge de la fascinación por las tecnologías digitales y esa comunicación a gran escala o global tenemos la contrapartida, la otra cara de la moneda, en perfecto equilibrio y a la vez en conflicto, el apogeo del sentimiento de especificidad, el *yo* frente al *nosotros*, el respeto por la preservación de la diversidad plural de culturas. Las personas, toda vez que pueden sentirse parte un solo mundo y estar al tanto de lo que ocurre internacionalmente sabiendo que todo influye hasta en el más recóndito de los lugares, también son capaces de, en oposición a lo primero, empequeñecer, teniendo que escudriñar en su pasado con el fin de topar con algo que las diferencie de esa masa homogénea.

Es en este momento cuando el pueblo se alza. En los últimos tiempos, las legislaciones nacionales e internacionales³⁶ han puesto bajo su protección una exacerbada cantidad de elementos patrimoniales, ante lo que los estados se han mostrado incapaces de gestionar, invertir y captar los fondos necesarios para mantenerlos, lo cual terminaba por generar pérdidas irreparables, daños estéticos, materiales o estructurales. Para evitarlo, mediante herramientas varias como el asociacionismo o el *crowdfunding*, en tanto en cuanto ciudadanía preocupada por su herencia histórica, cultural, material e inmaterial la sociedad se activa, participa y el Estado lo sanciona. Ahora bien: ¿Realmente se está democratizando la historia, o es el poder que veladamente lleva a cabo su estrategia extendiendo una falsa ilusión positiva entre la población de estar tomando las decisiones de abajo hacia arriba? ¿Se aprovecha el poder de esa necesidad de identidad frente al miedo por la globalización para que la población se haga cargo del proceso, tan solo teniendo que ratificar lo que le conviene, ahorrándose el esfuerzo que antaño hacía en elegir qué y cómo se legaba?

Bastante se habla también sobre que las tecnologías rompen con la desigualdad, el desequilibrio y la exclusión al acabar con las barreras físicas. En lo que a personas con reducción de movilidad se refiere, cierto es que las nuevas técnicas de virtualización son de gran ayuda,

³⁶ Cfr. una vez más el exhaustivo análisis de la legislación a través de los tiempos que hace MURIEL, D.: *op. cit.*

amén de la habilitación de los más de los espacios que así lo requieren. Pero qué hay de otro tipo de diversidades funcionales, como la auditiva, la visual, la afasia, etc.³⁷

De otro lado, tendríamos a la gran archiconocida, esa que a los más nos afecta de una u otra manera: la brecha digital. La rapidez con la que se suceden los cambios y la convivencia de varias generaciones de las que las más mayores se han cultivado, con suerte, en la Era analógica, produce un efecto de inestabilidad e inseguridad en la que por constreñimiento y exigencias del sistema no podemos dejar de aprender, pues limitaría en todos los sentidos nuestras actividades más rutinarias. Ciertamente es que esto último, además, comporta otro obstáculo: los costes, ya no solo en formación sino también en el contar con los dispositivos requeridos.

A nivel académico, la integración de la educación en Humanidades Digitales en planes específicos de grados y posgrados también se está resistiendo. Nos urge el desarrollo de estos últimos de cara a nuestra carrera profesional, pues dicha experiencia en el manejo y familiarización con las tecnologías es precisamente lo que el mercado laboral espera de las últimas generaciones a la hora su inserción en él.

Sin embargo, si hablamos de tener una trayectoria en el ámbito universitario, hay que considerar uno de los grandes inconvenientes, si tal como hemos dicho se fomenta la coproducción, la inter, multi y transdisciplinariedad³⁸, ello no es óbice para que aún se siga penalizando en proyectos, al menos en nuestro país, el hecho de que investigadores cuenten con publicaciones en revistas que no se consideran las ‘naturales’, por mucho impacto que tengan. Una idea esta que podemos claramente vincular a ese grupo de tecnócratas, que en ocasiones no se muestra positivo a la hora de valorar las contribuciones de entregados profesionales, unas evaluaciones estas que peor resultan cuanto más abiertos sean los proyectos y menos productos finales se obtengan³⁹. Es por esta circunstancia, que en vez de reflexionar sobre cómo modernizar el sistema, algunos otros pretenden que en el currículo de un mismo sujeto consten conocimientos informáticos, de ingeniería, filológicos, históricos o de *marketing*.

³⁷ Intentos de paliar este tipo de situaciones lo podemos ver a través de los siguientes recursos web: http://www.fundacioncnse.org/pdf/Guia_accesibilidad_industrias_culturales_personas_sordas_def.pdf; <https://www.lavanguardia.com/vida/20190617/462906252664/proyecto-thea-ciegos-arte-yemas-dedos.html>; <https://www.canalpatrimonio.com/el-museo-de-altamira-ya-es-accesible-para-sordos-mudos-con-una-aplicacion-para-movil/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

³⁸Proyectos como *Horizon 2020*, precisamente fomentan estos valores. Cfr. el recurso web <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/fet-open> (última consulta 1 de diciembre 2020).

³⁹ ROMERO FRÍAS, E. & SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M. (Eds.): *op. cit.*, pp. 37-38.

En último lugar, en un ejercicio de autocrítica, hemos de evidenciar la escasa o casi nulo apoyo al movimiento de las Humanidades Digitales en el mundo castellanoparlante, ya no solo a nivel de publicaciones que den visibilidad al trabajo de los investigadores que en numerosos centros la practican⁴⁰, o revistas especializadas que no sean consideradas una amenaza para el *statu quo* de las más tradicionales, sino de asociaciones como la de las Humanidades Digitales Hispánicas (HDH), perteneciente a escala internacional a la Sociedad Internacional de Humanidades Digitales Hispánicas y la Red de Humanidades Digitales (RedHD)⁴¹.

⁴⁰ GONZÁLEZ-BLANCO GARCÍA, E.: Un nuevo camino hacia las Humanidades Digitales: el Laboratorio de Innovación en Humanidades Digitales de la UNED (LINHD), *UNED Revista Signa*, n° 25, 2016, pp. 79-93.

⁴¹Disponibles a través de los enlaces: <https://humanidadesdigitaleshispanicas.es/> y <http://www.humanidadesdigitales.net/>, respectivamente (última consulta 1 de diciembre de 2020).

4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ANALÍTICOS.

Eventualmente, cabría la posibilidad de que se nos interpelara sobre la decisión de elegir estas tres herramientas concretas -SIG, fotogrametría y láser- para el estudio de la musivaria romana. Más allá de sus ventajas como mera base de datos de carácter geoespacial, o técnicas de conservación y restauración virtual, la pregunta sería: ¿Dónde reside su potencialidad como para sustituir o modificar los tradicionales métodos de conocimiento?

La fortaleza de los Sistemas de Información Geográfica arraiga en su capacidad de análisis automatizado a varios niveles: representaciones dinámicas, consultas combinadas, operaciones topológicas y análisis de redes⁴².

El primero de los tipos permite que, mediante una tabla de atributos creada con unos valores determinados, clasifiquemos gráfica o visualmente según los parámetros que se quieran de entre los que se les ha dado a dicha tabla. Un ejemplo de esto sería, dentro de todos los mosaicos recogidos, pedir al *software* que los represente según etapas cronológicas.

A su vez, la consulta combinada, permitiría no sólo organizar por criterios numéricos o alfabéticos -siglos o nombres de provincias *e.g.*- incluidos en la tabla de atributos, sino también geográficos, de tal manera que, de todos los de Andalucía, pudiéramos establecer cuáles quedan dentro de los límites administrativos dependiendo del período.

Por operaciones topológicas, entendemos las concomitancias entre el emplazamiento, los atributos y las relaciones espaciales entre distintos elementos. Sabiendo de la existencia de mosaicos de un mismo período, mismas características tipológicas, contextos cercanos, vías de comunicación y ciudades principales o rutas de transporte, podríamos colegir, proponer o predecir, centros de producción o talleres de mosaiquistas refrendando lo que algunos autores han venido defendiendo en los últimos años⁴³.

⁴² RUBIO BARROSO, A. & GUTIÉRREZ PUEBLA, J.: Los Sistemas de Información Geográficos: origen y perspectivas, *Revista General de Información y Documentación, Servicios de Publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid*, vol. 7, nº 1, 1997, p. 98.

⁴³ RAMALLO ASENSIO, S.: Talleres y escuelas musivas en la Península Ibérica, en AAVV.: *Mosaicos romanos. Estudios sobre iconografía. Actas del Homenaje In Memoriam de Alberto Balil*. España: Asociación Española del Mosaico, pp. 135-180; VARGAS VÁZQUEZ, S. & LÓPEZ MONTEAGUDO, G.: Talleres musivos hispanorromanos. Formas de producción y áreas de dispersión, en BUSTAMANTE-ÁLVAREZ, M. & BERNAL CASASOLA, D.(Coord.): *Artífices idóneos: artesanos, talleres y manufacturas en Hispania*, España: Instituto de Arqueología de Mérida, 2012, pp. 127-142.

Finalmente, en relación al análisis de redes, al tener una herramienta de referencia geográfica, podemos establecer cálculos sobre rutas relacionadas con la itinerancia de esos talleres o incluso desde las canteras más próximas a los puntos neurálgicos de concentración de musivaria⁴⁴, verbigracia.

Para todos estos puntos, y sobre todo para cuestiones relativas a los ejemplos tercero y cuarto, se hace necesario un estudio intensivo y exhaustivo de la musivaria con técnicas que puedan ofrecer respuestas a tal efecto. La fotogrametría y el escáner láser -en este caso ambas terrestres por motivos evidentes- son unas de las alternativas.

Ambas metodologías permiten la obtención de datos métricos y cromáticos del objeto analizado. La primera mediante la toma de fotografías y comparación de pares, la segunda por escaneos en distintos estacionamientos y la emisión de un pulso láser continuo cuyo retraso en reflejarse determina la distancia.

La precisión en las unidades de medidas (X,Y, Z), que para los pavimentos musivos ha de ser milimétrica, es trascendental si queremos establecer patrones a distintos niveles. Por ejemplo, podríamos fijar relaciones entre el tamaño de teselas con la parte del mosaico que ocupa (figurativa, relleno monocromo, cuadro de enmarque, etc.); con el corte y confección de las mismas de manera sistemática, lo que daría un tamaño promedio sino igual con errores inapreciables, y explicaciones sobre el modo y tiempos de trabajo; y con respecto a la medición ya no solo sobre el ancho y largo de teselas sino sobre su elevación por encima del pavimento, -lo que veríamos con la densidad de puntos y la diferencia en las superficies creadas-, podría ofrecernos pistas sobre las sinopias pavimentales⁴⁵, como mostraremos en la defensa de

⁴⁴ SÁNCHEZ VELASCO J.: Evidencias arqueológicas de un taller de mosaicos en Córdoba. *Empúries*, nº 52, 2000 pp. 289-306; MAÑAS ROMERO, I.: La creación de la escuela musivaria del Guadalquivir: modelos itálicos e interpretación regional, en NOGALES, T.; RODÀ, I. (Eds.): *Roma y las provincias: modelo y difusión. Vol. II*, Roma: L'Erma di Bretschneider, 2011a, pp. 635-641; MAÑAS ROMERO, I.: Viaje, transporte y transmisión de modelos musivos, en CABAÑAS BRAVO, M.; LÓPEZ-YARTO, A. & RINCÓN GARCÍA, W. (Coord.): *El arte y el viaje*. Madrid: CSIC, 2011b, pp. 455-465.

⁴⁵ Acerca de la adecuación del término, frente a autores como ROBOTTI, C.: Una sinopia musiva pavimentale a Stabia, *Bolletino d'Arte*, nº 43, Roma, 1973 pp. 42-44, o MORENO GONZÁLEZ, M. F.: Aspectos técnicos, económicos, funcionales e ideológicos del mosaico romano. Una reflexión. *AAC*, nº 6, 1995, pp. 113-143, que han declinado aplicarlo a la musivaria pavimental, ya que su uso primigenio fue en el arte pictórico o musivo-parietal, nosotros, ante la evidencia de ejemplos de sinopias pavimentales como las que se pudieron hallar en Puente Melchor (Puerto Real, Cádiz), en el mosaico de Baco, MILLÁN SALGADO, M. L. & GÓMEZ BUENO, M. C.: El mosaico de la villa romana de Puente Melchor. Estudio histórico-artístico y tratamientos de conservación, *ROMVLA*, nº 11, 2012, pp. 124.

nuestros resultados y algunos autores han podido también hallar gracias a la combinación de Fotogrametría aérea (UAV) y técnicas de 3D GPR⁴⁶.

El color, socorrido por las tablas cromáticas y la polarización cruzada, permite atribuir a las nubes de puntos densas una escala RGB (sumando en ocasiones el canal alfa), que puede darnos -dentro de los márgenes de error y distorsiones conocidas- datos *cuasi* fidedignos y un buen rendimiento a la hora de documentar. No obstante, quizá esta técnica pueda tener mayor trayectoria de la mano de estudios físicos-químicos y petrológicos que arrojen más luz y cuyos resultados puedan ser almacenados y estandarizados para crear patrones.

Conocido parte de ese amplio abanico de posibilidades que nos ofrecen estas técnicas, nuestra aplicación, hemos de advertir, no será más que inicial, puesto que en ningún momento este trabajo pretende ser un manual de referencia. Tampoco un análisis histórico de todas ellas, será expuesto, pues son excesivos los trabajos que de este calibre se están realizando y no haríamos más que rellenar hojas de aspecto teórico, de tal manera que apostamos aquí por una práctica total.

⁴⁶ CALDEIRA, B.; J. OLIVEIRA, R.; TEIXIDÓ, T.; BORGES, J. F.; HENRIQUES, R.; CARNEIRO, A. & PEÑA, J. A.: Studying the Construction of Floor Mosaics in the Roman Villa of Pisões (Portugal), Using Noninvasive Methods: High-Resolution 3D GPR and Photogrammetry, *Remote Sens*, n° 11, 2019, pp. 1-20.

4.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).

4.1.1. METODOLOGÍA.

4.1.1.1. TRABAJOS DE DOCUMENTACIÓN PREVIOS.

El que nuestro trabajo comprenda el uso de los Sistemas de Información Geográficos, ya lo hemos argumentado en el preludio sobre las técnicas a aplicar. No obstante, la labores previas de investigación en esta sección difirieron en gran parte de las que posteriormente podremos estudiar con la fotogrametría y el escáner láser.

Mientras que en los dos últimos procedimientos nos centraremos en un solo mosaico, en este lo que perseguimos es el trasvase de información del *corpus* que ya teníamos elaborado y hemos actualizado a fecha de 1 de diciembre de 2020, a QGIS como herramienta de los SIG.

En un intento precedente a este, habiendo acopiado toda la información, desarrollamos con el procesador de texto habitual -Microsoft Word- un inventario con unas plantillas de fichas para nuestra musivaria. En ellas, habiendo ordenado esta última según su provincia andaluza, y dentro de estas clasificados de oeste a este, empezando por Cádiz y siguiendo con el resto de provincias a la manera inversa de las agujas del reloj, se les asignó un número de orden, un nombre -por el que habitualmente se le conoce en la bibliografía-, la etapa histórica⁴⁷, una temática y subtemática, la ubicación actual, la procedencia real, fotografías, la provincia, el municipio y la bibliografía al respecto⁴⁸.

Todos estos datos, en lo que quizá fuera yerro por nuestra parte⁴⁹, no fueron incorporados en una hoja de cálculo como pudiera haber sido Excel, sino que se volcaron sobre otro instrumento de análisis que en su momento considerábamos más útil, Google My Maps, pues deseábamos comparar visualmente nuestros resultados con los que habían sido elaborados sobre el viario o red de calzadas (http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/pdf/51_via_roman.pdf) y la distribución de los focos económicos principales en la Bética durante el

⁴⁷ Las etapas clasificadas corresponden al período republicano (s. III a I a. C.), el altoimperial (s. I a primera mitad del s. III d. C.) y bajoimperial o tardorromano (segunda mitad III a VI d. C.).

⁴⁸ GRANADOS CHIGUER I.: *Introducción al estudio del mosaico mitológico romano en Andalucía*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Cádiz, 2019.

⁴⁹ Este desacierto al que hemos aludido, se debe a que de haber tenido dicha tabla Excel -que igualmente habría sido modificada por la subsanación de errores cometidos en su momento y la noticia y hallazgo de nuevas obras musivas en el transcurso de estos dos años- para el traslado de datos habría bastado con una simple importación y marcación de la ubicación geográfica sobre el mapa.

período

romano

(http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/pdf/35_lab_etica_como_foco_economico.pdf) por el Atlas de la Historia del Territorio de Andalucía (http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/atlas_bloque5.html), estableciendo las correlaciones teóricas pertinentes. Y es que hasta hace escasos años, este era el método convencional con el que nos habían venido educando, consistente en un estudio de los datos propiciados por la combinación de estos en diferentes ‘formatos’ y su unión e interpretación por el entendimiento o razonamiento del investigador.



Fig. 1: Google My Maps con la capa del *Corpus* de Mosaicos Mitológicos Romanos de Andalucía (CMMRA). Fuente: Elaboración propia.

Con posterioridad a la realización de ese trabajo en que indagamos, recabamos, almacenamos y estructuramos los pavimentos seleccionados, conocimos gracias a los compañeros del Laboratorio del IVAGRO, el *software* QGIS, sobre el que el Dr. Pedro Trapero Fernández en principio y, en segundo lugar, el investigador predoctoral D. Domingo Martín Mochales, nos impartieron unos cursos a los que acudimos junto a otros alumnos del Grado en Historia. Con ello pudimos obtener unos conocimientos iniciales que nos ofrecían no sólo una mejora cualitativa sino cuantitativa, pues la característica esencial de este sistema es que nos permite aunar la información a modo de base de datos, otorgándole unas coordenadas, estableciendo una relación entre ellos y diferentes capas de datos, todo ello ‘en una misma imagen’ de rápida consulta que por si no fuera poco, podemos compartir, difundir y divulgar.

4.1.1.2. SOFTWARE Y PROCESOS.

Como ya advertíamos al lector en anteriores páginas, esta herramienta nos es totalmente novedosa, de tal manera que el uso que aquí mostraremos y describiremos es que el que responde al nivel de un principiante que aquí acomete esta tarea como prolegómenos al propósito de implementarla en futuros estudios de una mayor índole.

Antes de entrar en QGIS, un programa de acceso abierto que podemos descargar fácilmente desde su web⁵⁰, hemos de saber qué mapas necesitamos cargar en dicho *software* que nos sean de ayuda. Ya que nuestra labor consiste en ubicar unos mosaicos que se circunscriben en el ámbito territorial de España, Andalucía y sus municipios, estos serán los que habremos de localizar en el conocido portal de Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)⁵¹: ‘Un proyecto coordinado por el Consejo Superior Geográfico (CSG) cuyo objetivo es integrar, a través de Internet, los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, facilitando a todos los usuarios potenciales la localización, identificación, selección y acceso de estos recursos a través de su geoportal.’⁵²

En su página principal, nos dirigiríamos a la pestaña ‘Directorio de Servicios’ y desplegando, escogeríamos la opción de ‘Servicios OGC’, u *Open Geospatial Consortium*, esto es, información geográfica que el propio Estado como productor ubica en sus servidores para nuestro acceso asegurado a una información actualizada. Una vez ahí, ya aparecerían los .wms -*Web Mapping Service*, o cartografía de acceso web- ordenados según sean estatales, autonómicos, locales o de países vecinos:

1. Del apartado ‘Estatales’, nos interesa ‘Ortofotos máxima actualidad del PNOA’, simplemente como mapa base nacional sobre el que ubicarnos geográficamente: <https://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma>.
2. Con respecto a la entidad territorial que tratamos, seleccionando ‘Autonómicos’ y ‘Andalucía’, tendríamos varias capas: una primera, de ‘Divisiones Administrativas’ -http://www.ideandalucia.es/wms/dea100_divisiones_administrativas-, que nos

⁵⁰ Accédase a: <https://www.qgis.org/es/site/> (última consulta 1 de diciembre 2020).

⁵¹ Recurso web a través de: <https://www.idee.es/web/guest/inicio> (última consulta 1 de diciembre 2020).

⁵² Definición extraída desde: [http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/11#:~:text=La%20Infraestructura%20de%20Datos%20Espaciales%20de%20Espa%C3%B1a%20\(IDEE\)%20es%20un,todos%20los%20usuarios%20potenciales%20a](http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/11#:~:text=La%20Infraestructura%20de%20Datos%20Espaciales%20de%20Espa%C3%B1a%20(IDEE)%20es%20un,todos%20los%20usuarios%20potenciales%20a) (última consulta 1 de diciembre 2020).

ayudaría con la delimitación entre provincias; la segunda sería la del ‘Sistema Urbano’ -http://www.ideandalucia.es/wms/dea100_sistema_urbano-, en que se explicitan los núcleos poblacionales por su nombre; en tercer lugar, optaríamos por el ‘Callejero Digital de Andalucía Unificado’ -<http://www.callejerodeandalucia.es/servicios/cdau/wms>-, del que no solo obtendríamos la denominación de las vías sino también los números de las parcelas concretas; en penúltimo lugar incluiríamos la ‘Toponimia’ -http://www.ideandalucia.es/wms/dea100_toponimia-, algo muy útil cuando el hallazgo de mosaicos no se encuadra en ámbitos urbanos sino rurales, y su ubicación en la bibliografía aparece según esta; y, para concluir, la capa de ‘Patrimonio’ -http://www.ideandalucia.es/wms/dea100_patrimonio- que nos puede aportar una recopilación de algunas *villae*, *domus*, o yacimientos concretos relacionados.

3. Dado que los datos que vamos a cargar desde estos enlaces en el apartado segundo no podremos más que visualizarlos, para poder trabajar con su tabla de atributos, sobre la que más tarde nos detendremos, nos correspondería descargar desde el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), concernientes a los límites administrativos (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g13.htm>); el sistema urbano (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g07.htm>); el callejero andaluz (<http://www.callejerodeandalucia.es/descargas/>), del que nos interesan solo los portales y viales; la toponimia (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g16.htm>); y el patrimonio (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g11.htm>).

Al igual que ocurrirá posteriormente con los datos de la fotogrametría y del escáner láser, es primordial establecer un orden de almacenamiento. En nuestro caso, en un disco duro externo, hemos creado una carpeta general ‘QGIS Mosaicos Mitológicos Romanos de Andalucía’, dentro de la que a su vez estableceremos distintas subcarpetas numeradas, una por cada capa descargada con su respectivo nombre, a las que se unirá la de la geolocalización de la musivaria en ‘1. Proyecto QGIS CMMRA TFM’, y una última ‘12. Fotos CMMRA’ (*Corpus de Mosaicos Mitológicos de Andalucía*), en que ubicaremos también subdivididos y por

provincias y en el orden preestablecido, las fotografías u ortofotos de la musivaria que anexaremos en la tabla de atributos con nuestros pavimentos.

Hecho esto y teniendo los enlaces del segundo punto al alcance, abriríamos QGIS -en nuestro caso contamos con la versión ‘A Coruña’ o 3.10.8- y en su barra superior elegiríamos ‘Proyecto’ y ‘Nuevo’. Acto seguido, en esa misma barra de herramienta, iríamos a ‘Capa’, ‘Añadir Capa’ y ‘Añadir Capa WMS/WMTS’. En la ventana que se nos generaría, dentro de la pestaña ‘Capas’, bajo el desplegable, deberíamos hacer clic sobre ‘Nuevo’, lo que volvería a abrirnos una nueva ventana en que solo tendríamos que cumplimentar los campos ‘Nombre’ y ‘URL’. Si tomamos como ejemplo la primera ortofoto, como nombre pondríamos ‘Ortofoto Estatal’ y en URL, el hipervínculo que se nos ofrecía en el IDEE, aceptaríamos y veríamos como al volver a la primera de las ventanas, en el desplegable aparecería automáticamente la designación que habíamos dado a la capa. Haciendo clic en ‘Conectar’ y bajo este, en el recuadro, doble clic en la ‘ID’ ‘0’ solo nos restaría por ‘Añadir’. Estos mismos pasos seguiríamos para insertar todas las mencionadas en el punto número dos.

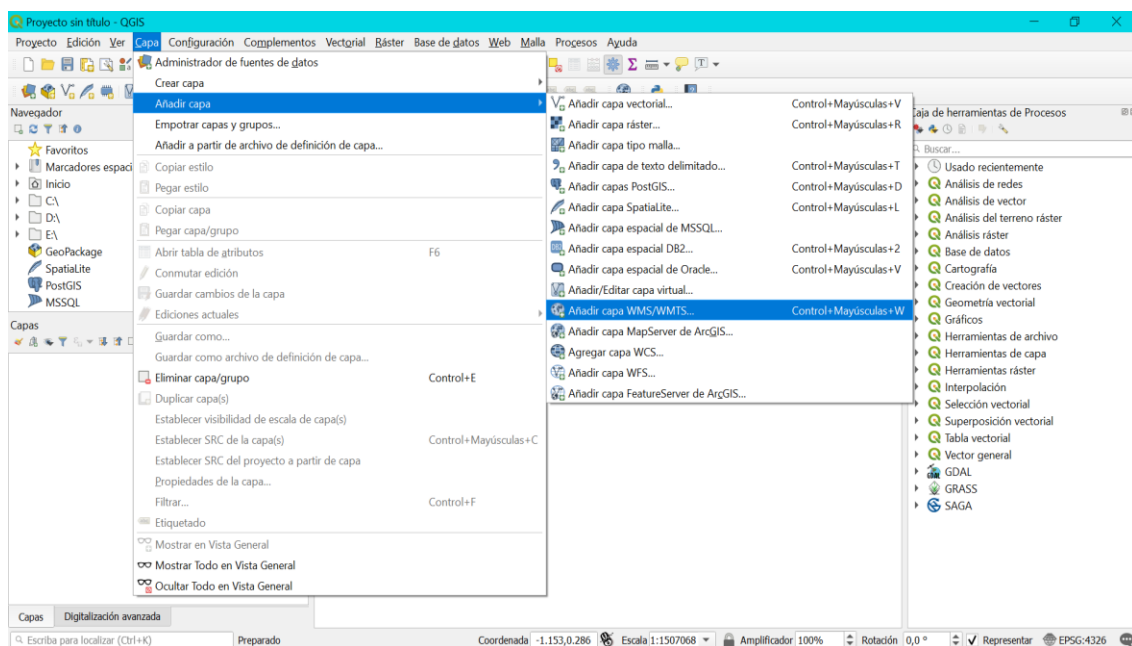
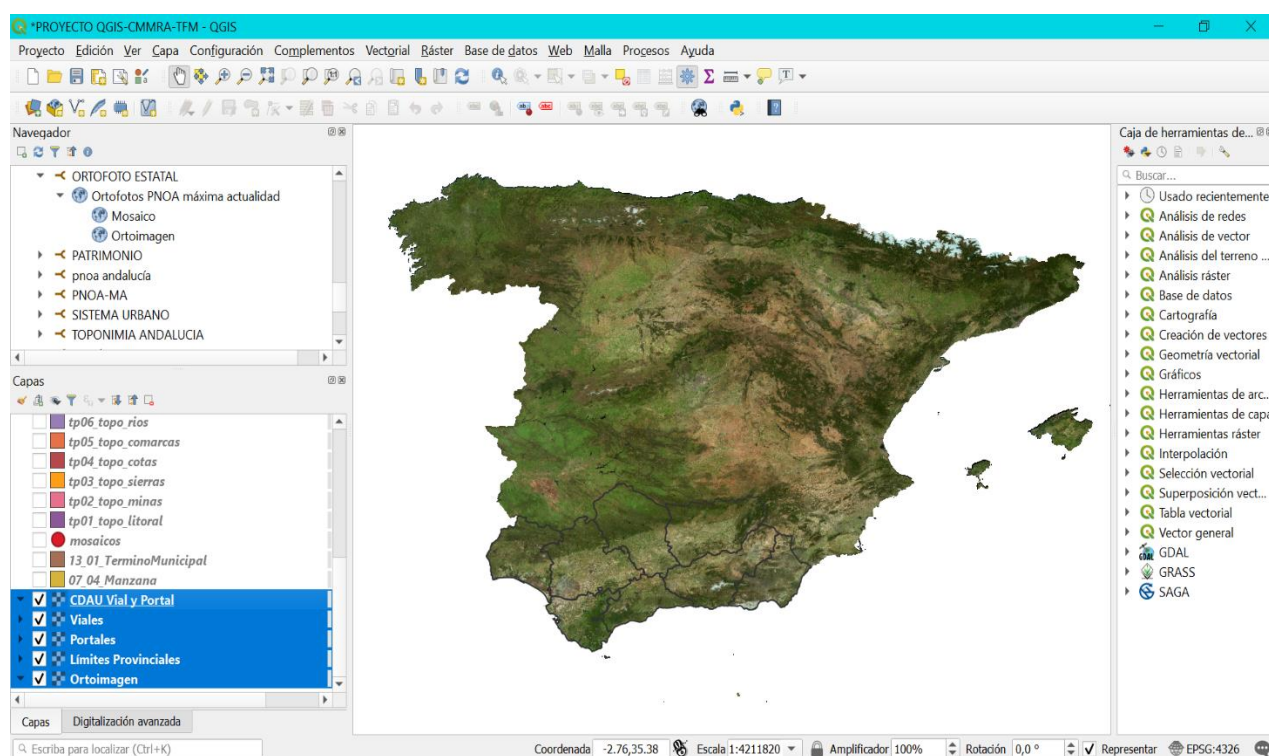
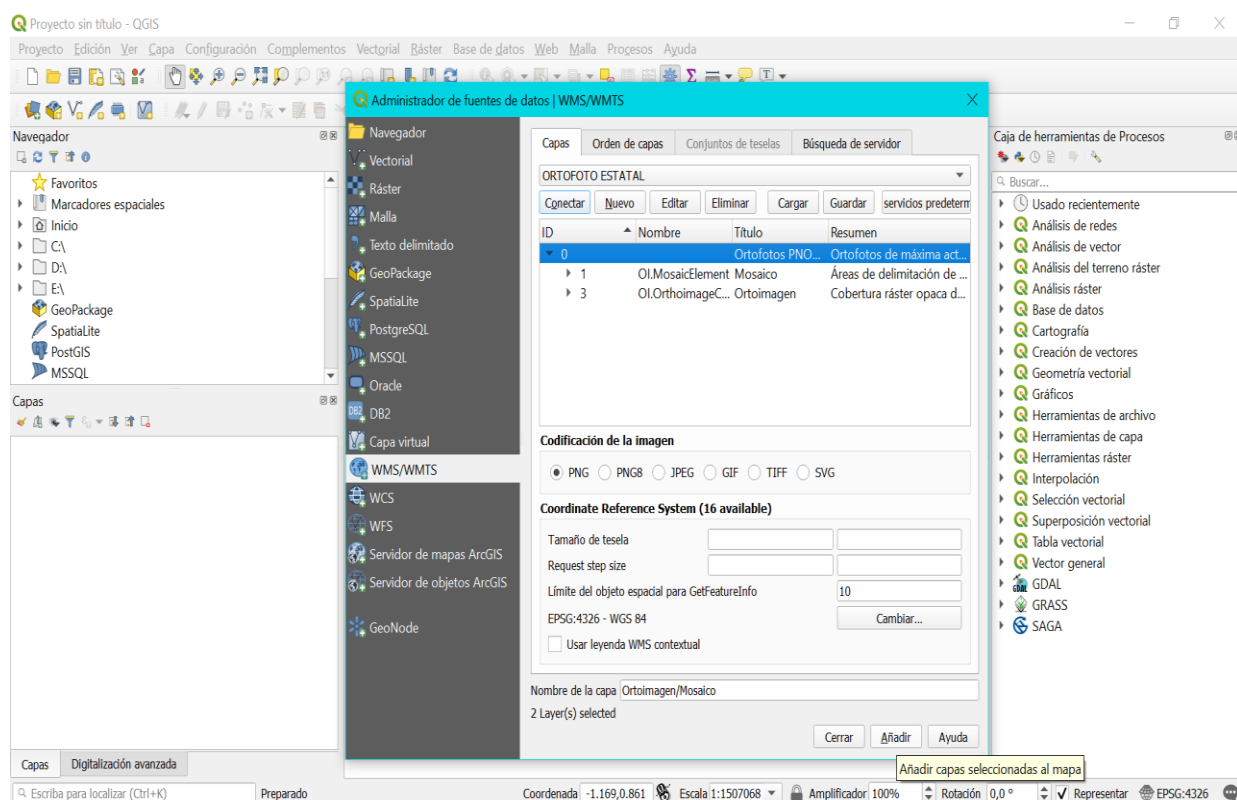
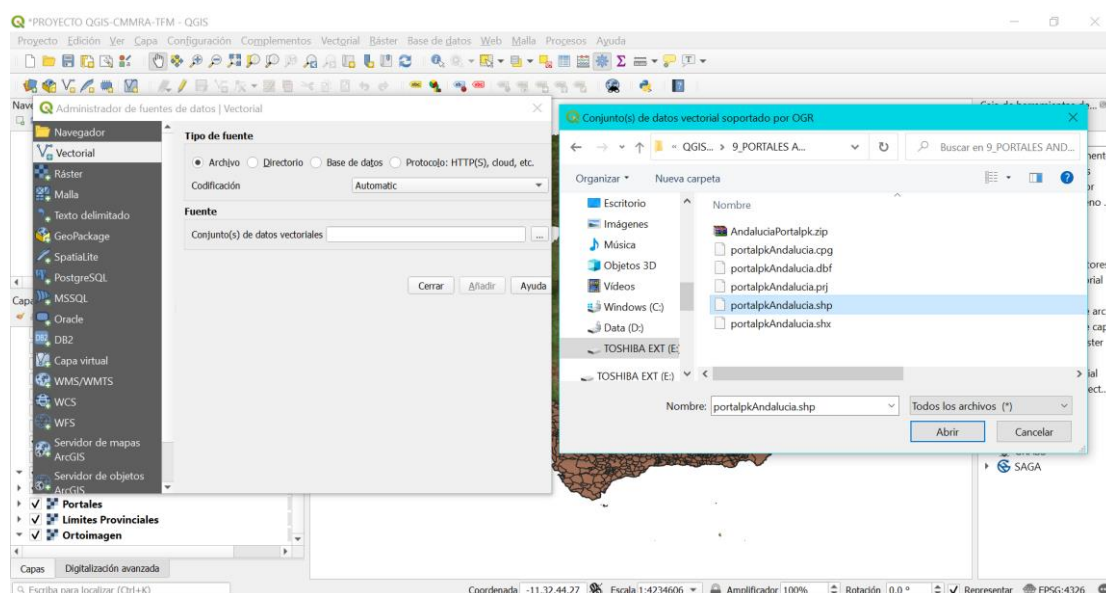
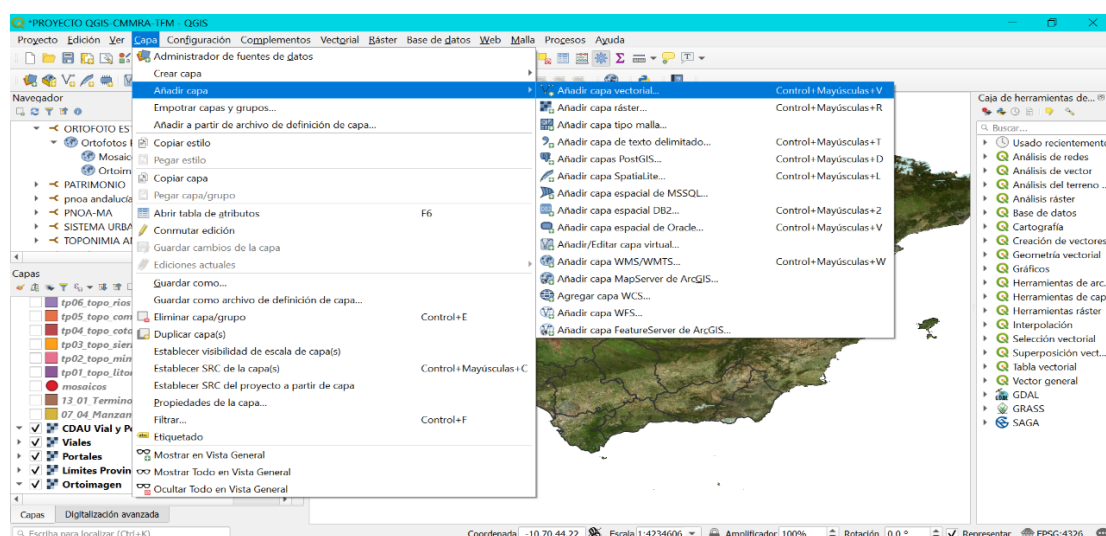


Fig. 2: Primer paso: añadir capas WMS. Fuente: Elaboración propia.



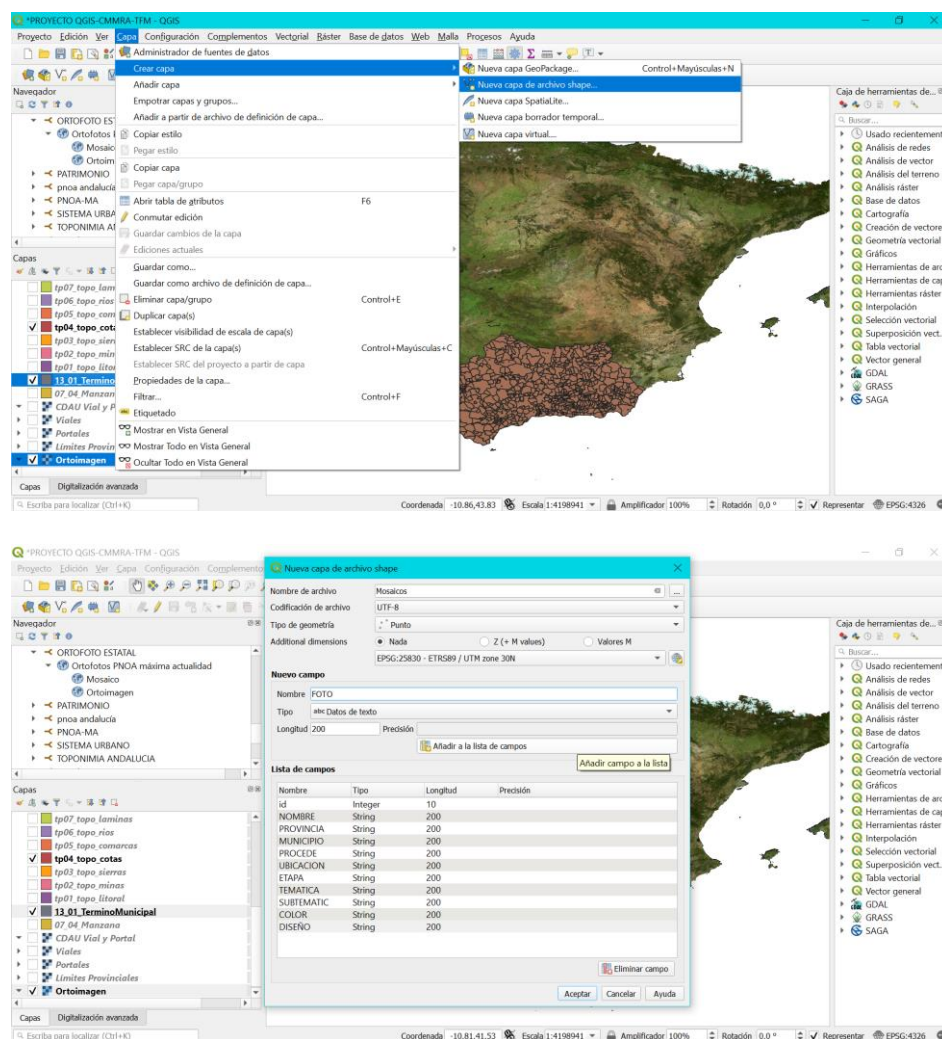
Figs. 3 y 4: Segundo paso: conectar y añadir capas WMS, indicadas en azul, en el recuadro inferior izquierdo de la fig. 4. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, ya descargadas y ubicadas las carpetas del punto tercero, volveríamos al mismo menú de ‘Capas’, ‘Añadir Capa’, pero en esta ocasión, seleccionaríamos ‘Añadir Capa Vectorial’ y sobre la ventana emergente, teniendo en el ‘Tipo de fuente’ marcado ‘Archivo’, debajo, en ‘Fuente’, clicaríamos sobre los puntos suspensivos, e iniciaríamos la ruta desde la carpeta general que creamos hasta el archivo en formato .shp que necesitamos para ‘Añadir’. Ejemplos de ello serían, dentro de los límites administrativos, el archivo sobre términos municipales; en sistemas urbanos, el de manzana; y, los viales y portales del callejero andaluz.



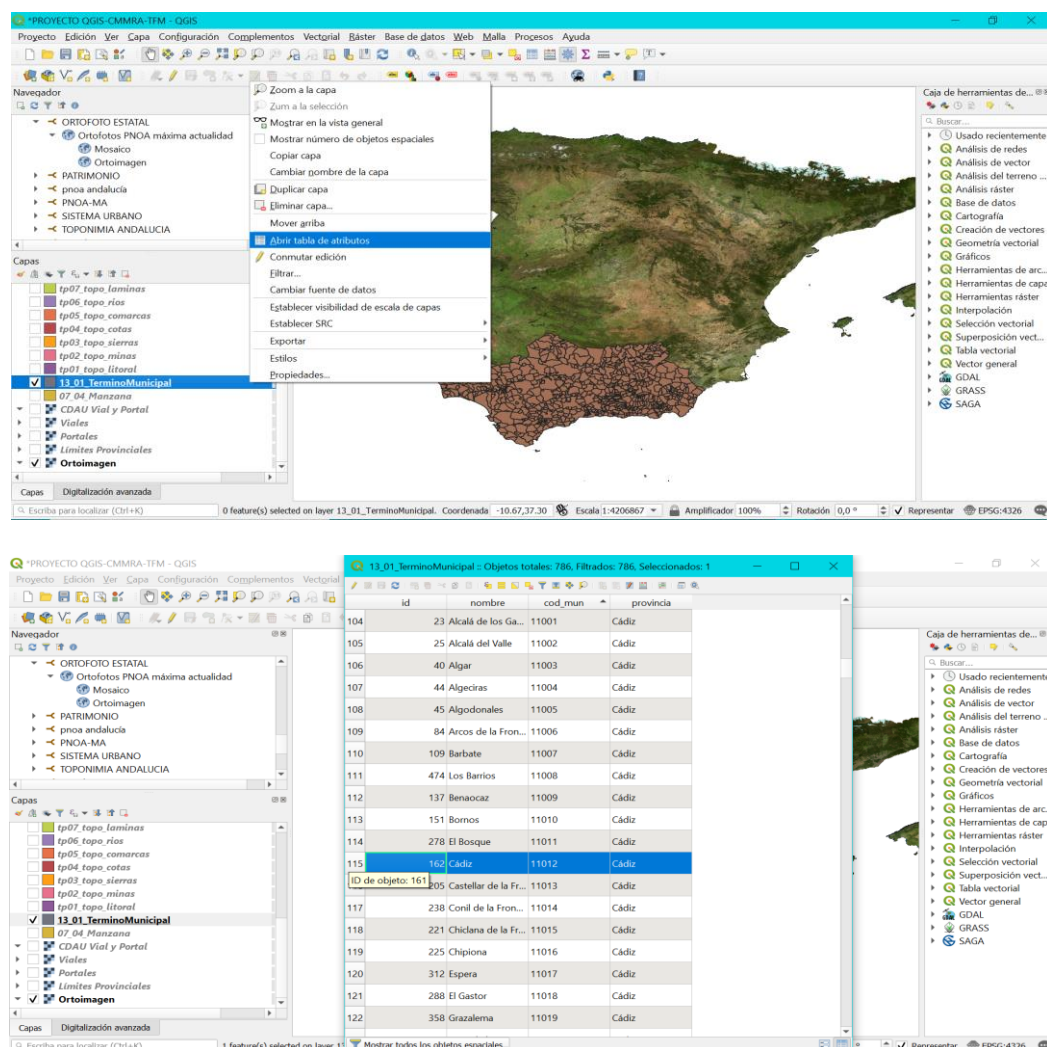
Figs. 5 y 6: Tercer paso: añadir capas vectoriales. Fuente: Elaboración propia.

Para completar esta fase, podríamos ya crear nuestra propia capa con los datos recopilados. Con este fin, volvemos al menú de ‘Capa’, eligiendo esta vez ‘Crear capa’, ‘Nueva capa de archivo shape’ y sobre la ventana emergente daríamos un nombre a nuestro archivo, ‘Mosaicos’, dejaríamos la clasificación del archivo en UTF-8 y el ‘Tipo de geometría’ en ‘Punto’ y en ‘Additional dimensions’ trabajaríamos con los sistemas de coordenadas ‘EPSG:25830-ETRS89/ UTM zone 30N’. En ‘Nuevo campo’ y ‘Nombre’ es donde tendríamos que insertar uno por uno los distintos apartados con que querríamos que contaran nuestros pavimentos: número, nombre, provincia, municipio, procedencia, ubicación actual, etapa, temática, subtemática, color (*black and white*/policromía/intermedio), diseño (esquema a compás/panal/casetones/geométrico, etc.) y fotos. Mantendríamos el ‘Tipo’ en ‘Datos de texto’ y la ‘Longitud’ la ampliaríamos a 200, añadiríamos a la lista de campos y aceptaríamos.

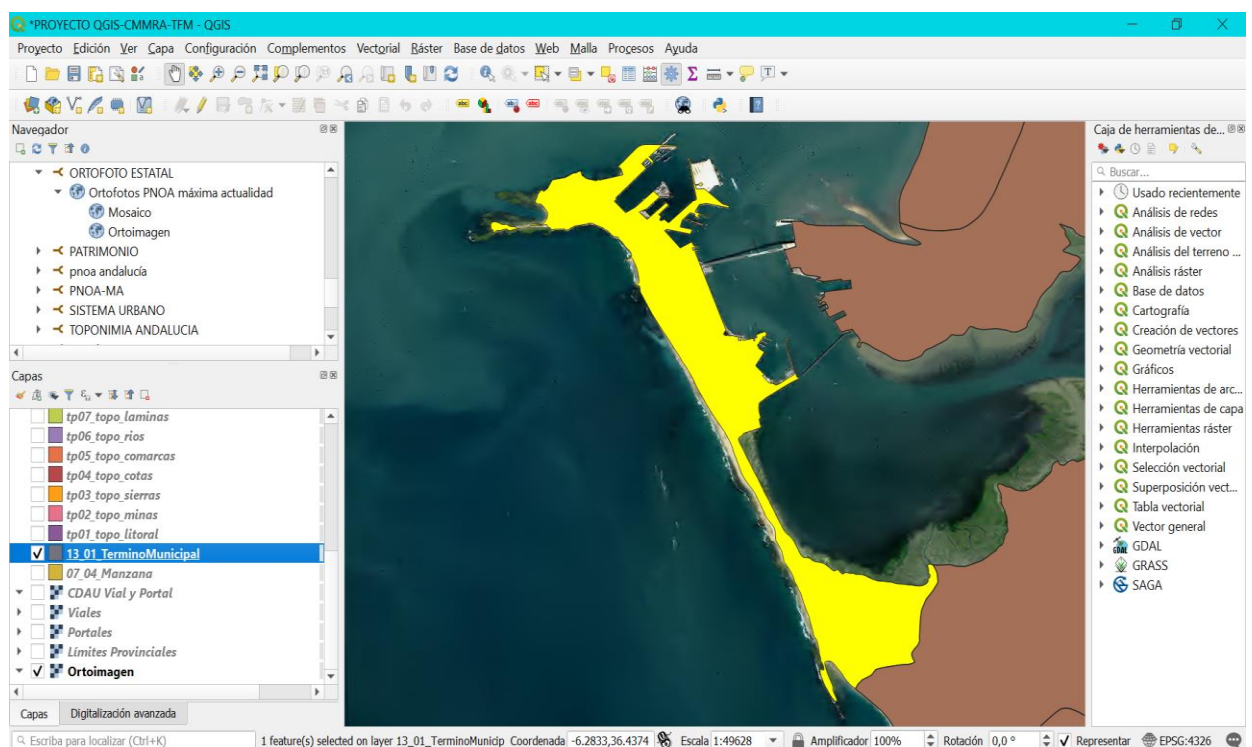
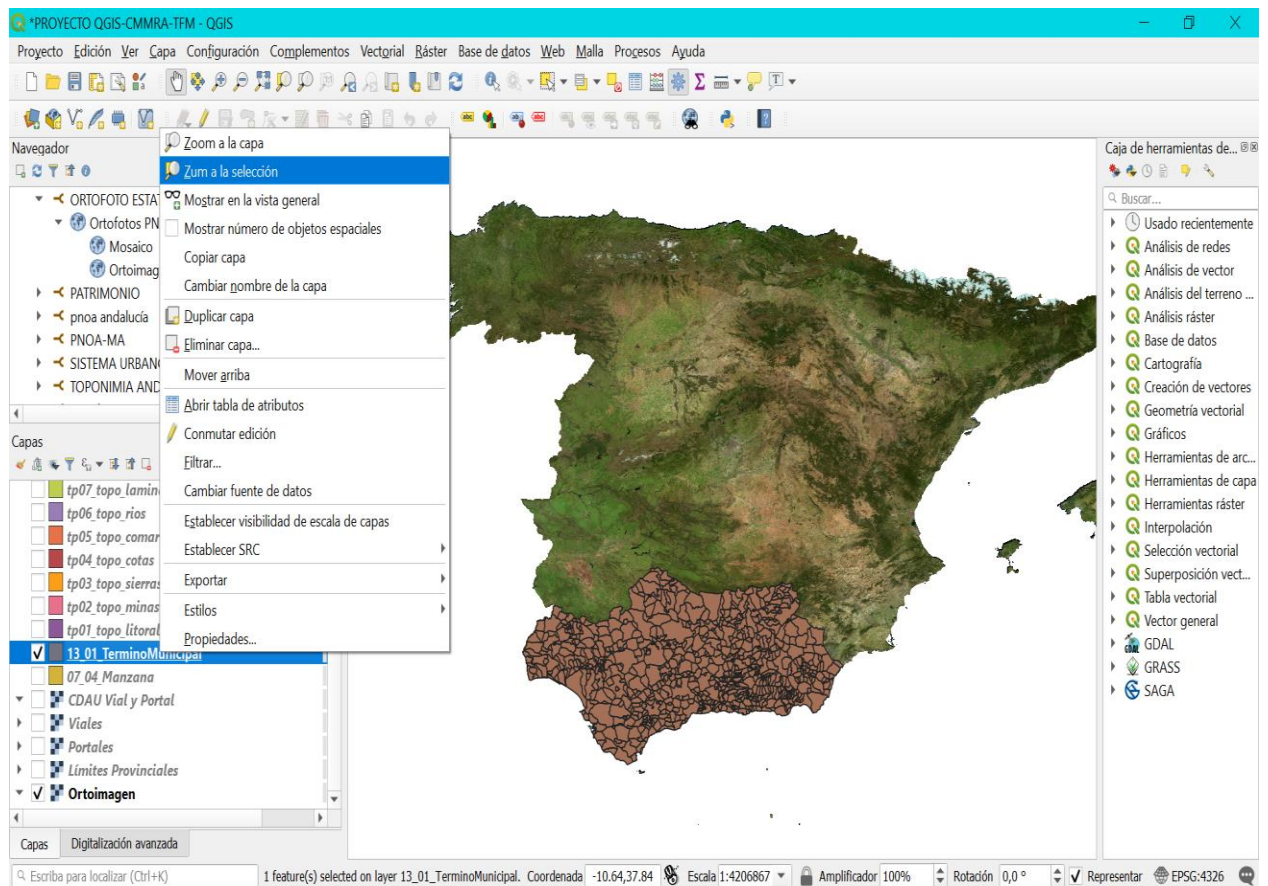


Figs. 7 y 8: Cuarto paso: añadir capa .shp. Fuente: Elaboración propia.

En la pantalla con que nos quedamos, distinguiríamos en la esquina inferior izquierda un recuadro con todas las capas cargadas -.wms y .shp- que podríamos activar o desactivar para su vista según nos sean más o menos provechosas. Las que más afectan a nuestra labor, facilitándola, son las que descargamos y añadimos como capas vectoriales, pues si sobre ellas hacemos clic con el botón secundario y seleccionamos ‘Abrir tabla de atributos’ podríamos buscar en una lista ordenada. Por ejemplo, en la capa de términos municipales, tendríamos las ciudades según su provincia, escogiendo la fila oportuna en dicha tabla y cerrando la ventana, acudiríamos de nuevo al recuadro de capas y sobre la misma que abrimos, haríamos clic con el botón secundario del ratón y ‘Zum a la selección’ de tal manera que el programa nos llevara directamente a la localidad, desde allí con la capa de viales y portales del Callejero Digital de Andalucía, emplazaríamos nuestra musivaria.

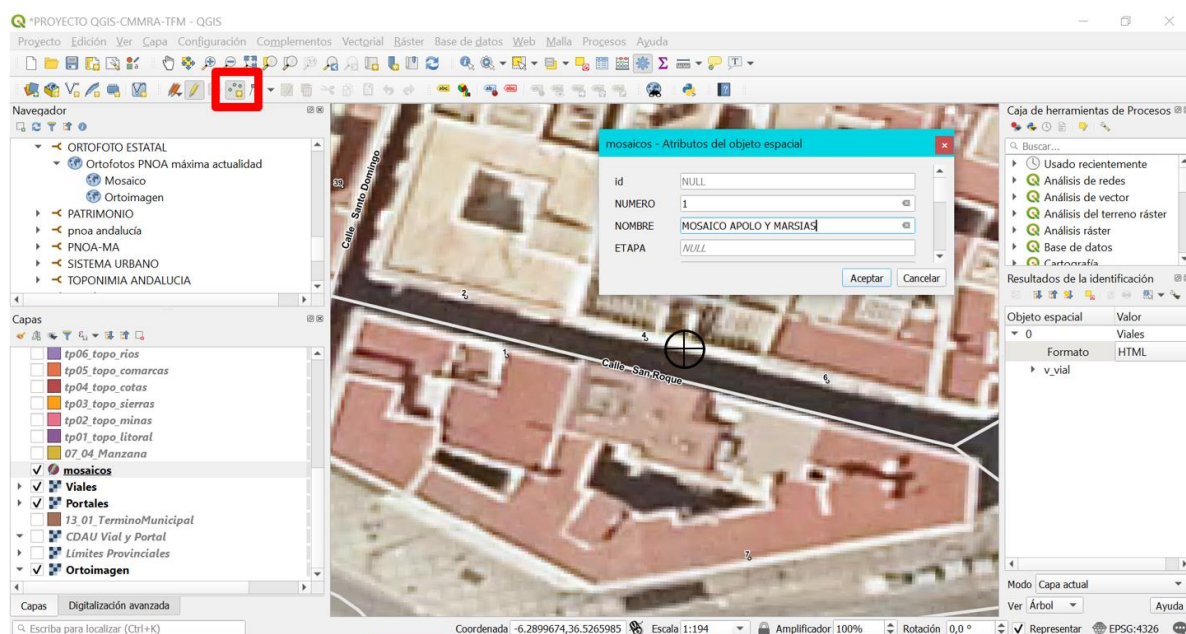
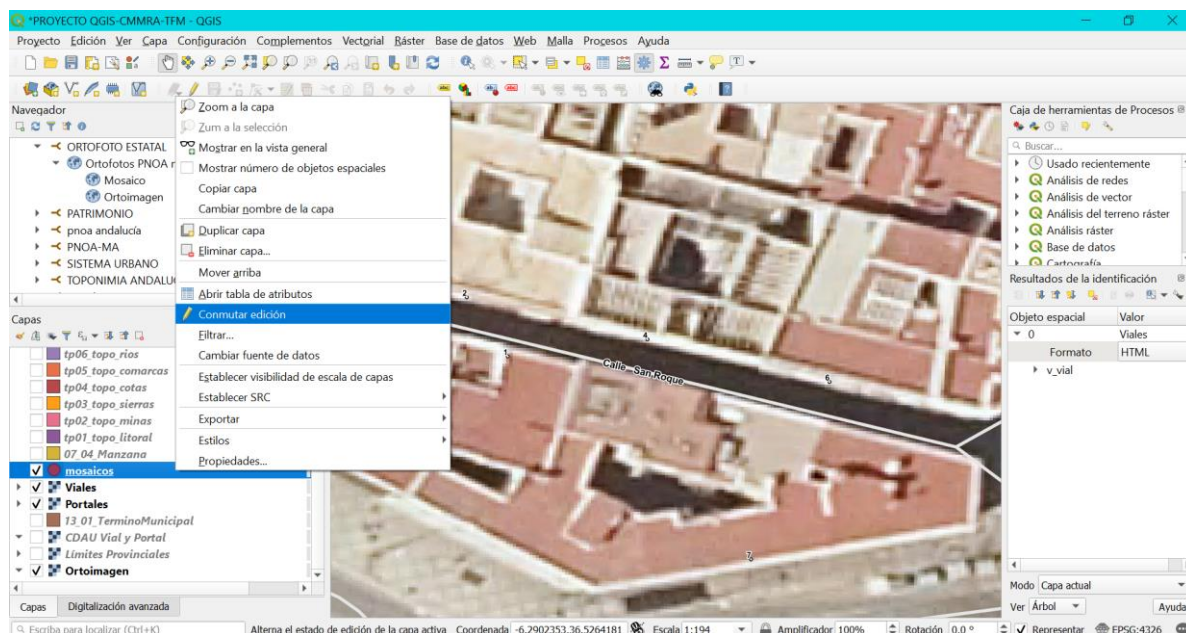


Figs. 9 y 10: Quinto paso: abrir tablas de atributos y selección. Fuente: Elaboración propia.



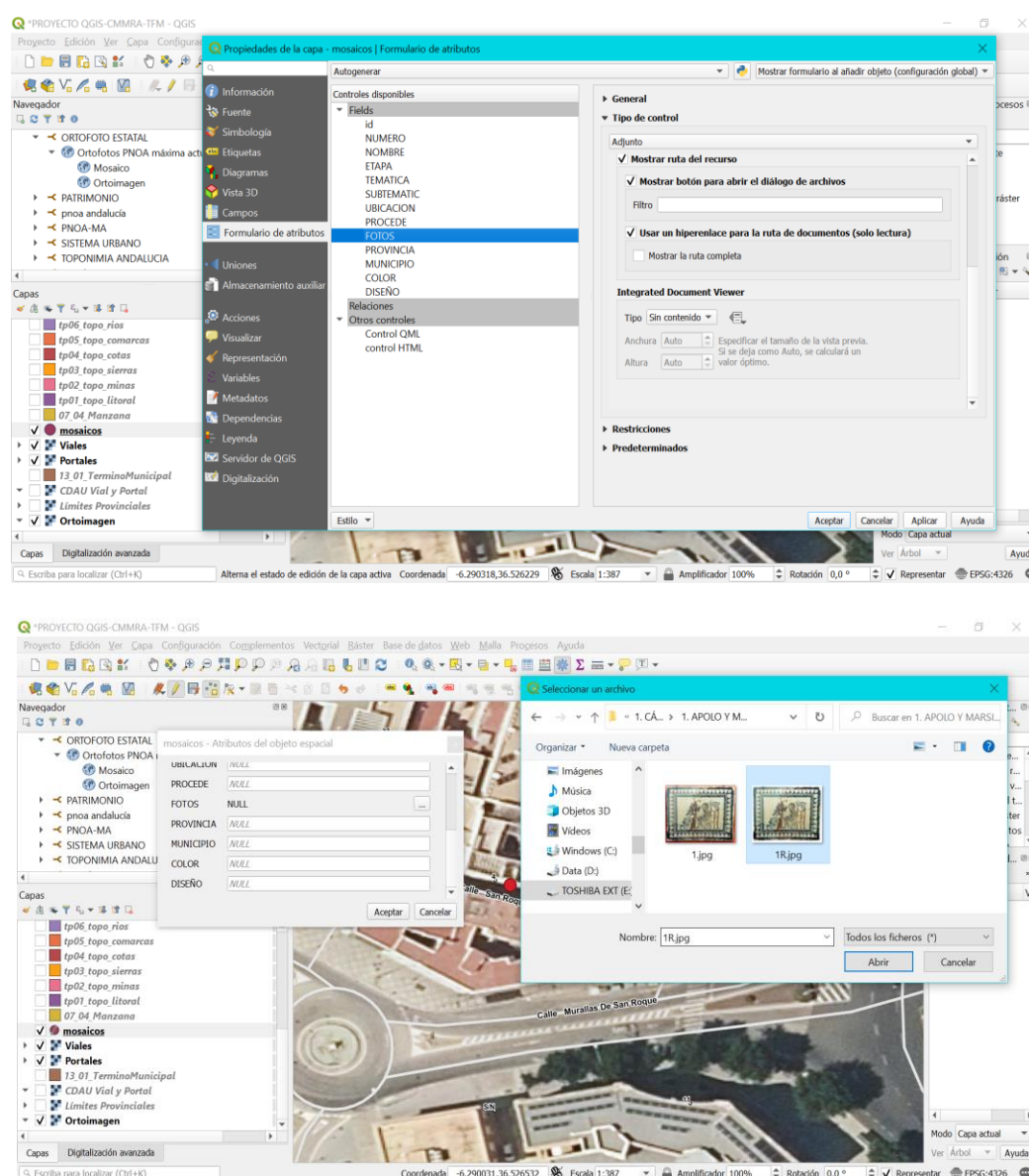
Figs. 11 y 12: Sexto paso: ‘zum a la selección’ y vista del municipio seleccionado. Fuente: Elaboración propia.

Para esto último, es necesario que en la capa de ‘Mosaicos’, con un clic secundario, hayamos habilitado ‘Conmutar edición’, tras lo que, con la herramienta ‘Añadir punto’ y clicando sobre el mapa en el lugar oportuno, colocaremos mosaico por mosaico abriéndose directamente una ventana emergente con los campos a rellenar.



Figs. 13 y 14: Séptimo paso: ubicación de mosaicos. Fuente: Elaboración propia.

Cuestión aparte sería el agregar las fotografías, para ello, abriendo las ‘Propiedades’ de la capa ‘Mosaicos’, en la ventana emergente escogeríamos ‘Formulario de atributos’, seleccionaríamos en ‘Fields’ nuestro campo para las imágenes y, a la derecha, en ‘Tipo de Control’ desplegaríamos y escogeríamos ‘Adjunto’, y posteriormente marcaríamos ‘Usar un hipervínculo para la ruta de documentos (solo lectura)’, aplicaríamos y cerraríamos. Con ello, en la tabla de atributos de los pavimentos musivos, no quedaría más que clicar en los puntos suspensivos que aparecieran en el campo de fotografía y elegir la ruta hacia la foto dentro de la carpeta que hiciéramos al efecto.



Figs. 15 y 16: Octavo paso: anexo de fotografías. Fuente: Elaboración propia.

Como broche de oro, ya finalizada nuestra propia capa de mosaicos, entraríamos en el Centro Nacional de Información Geográfica (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscar.do?filtro.codFamilia=RTANE#>), para buscar mapas de época romana con que implementarla. De los que están a nuestra disposición en formato .shp, descargamos los que siguen:

1. ‘Referencias históricas-Mapa de Centros productivos de la Hispania romana’.
2. ‘Referencias históricas-Mapa de Ciudades y comunicaciones de la Hispania romana’.
3. ‘Referencias históricas-Mapa de Hispania romana. Los inicios de la ocupación (desde 218 a.C.)’.
4. ‘Referencias históricas-Mapa de Ruralización de la sociedad romana. Villas romanas y organización administrativa de Diocleciano’.

Su adición a nuestro proyecto en QGIS, se haría del mismo modo en que procedimos con los mapas andaluces del apartado tercero.

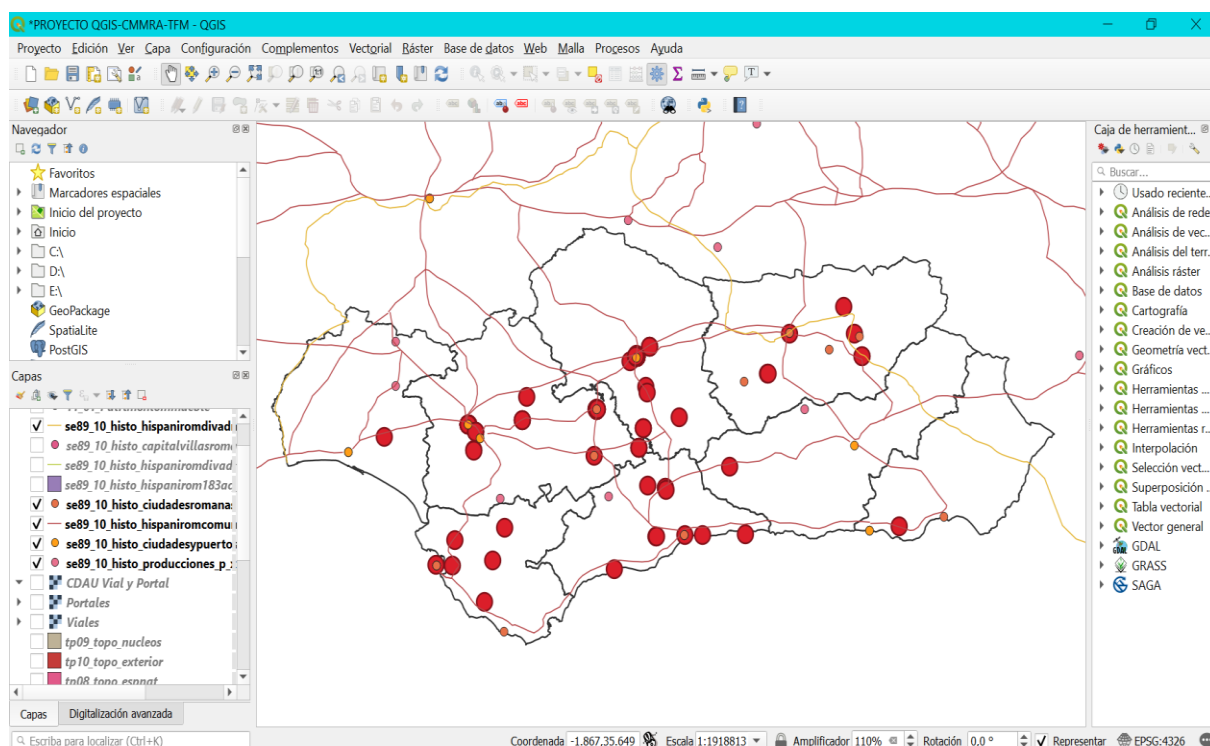


Fig. 17: Vista de Andalucía con las capas de mosaicos, ciudades, villas, centros de producción y vías de comunicación terrestres, marinas y fluviales romanas activadas. Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3.RESULTADOS.

El trabajo realizado ha sido guardado en una carpeta general como ‘Proyecto QGIS CMMRA TFM’, dentro de ella para poder ver los resultados habría que ir a la número ‘1. Proyecto QGIS CMMRA TFM’ y seleccionar el archivo .qgz denominado ‘TFM Proyecto QGIS CMMRA’. En él, los resultados que nos proporciona sino sorprendentes, son muy sugestivos. La distribución de mosaicos se elucida desde las vías de comunicación tanto fluviales como marítimas y terrestres, la localización de centros productivos y principales villas y ciudades. Sugerente sería también el poder compararlos por su color -blanquinegros o *black and white*, intermedios o polícromos- y diseño, según las etapas de ocupación de la Península Ibérica o el contexto en que se ubiquen.

Con la intención de que el tribunal que juzgue este Trabajo Fin de Máster pueda acceder por completo al proyecto y material elaborado, copiamos aquí un enlace a Google Drive desde el que se podrá descargar una carpeta comprimida en que, abriendo la ruta ya mencionada en el párrafo anterior, podrá ver todo lo relacionado:
<https://drive.google.com/file/d/1SQNIh9CqENhPc2-aacDZFd3eFsZ0c8Zu/view?usp=sharing>

5. CONSERVACIÓN VIRTUAL: UNAS CUESTIONES PREVIAS.

Como ya preveníamos en nuestras páginas sobre el estado de la cuestión, el patrimonio es algo vivo, continuamente reinterpretado por el mundo que lo rodea, lo que hace a su vez que se modifique según precise la sociedad. En este sentido, la virtualización se muestra como una salida a las preocupaciones de historiadores, conservadores y restauradores.

Escrive y Madrid⁵³ nos muestran esta alternativa como clave para salvaguardar realmente el patrimonio sin dejar de lado el trabajo con el valor simbólico que establecen y proyectan sobre los objetos los distintos grupos de sujetos. Como bien nos explican, la restauración es un proceso doble⁵⁴: de un lado, se ocupa del objeto escogido, teniendo en cuenta su valor histórico, para hacer una ‘restauración empírica’; mientras que, por otra parte, al ocuparse de unos símbolos establecidos, las restituciones han de plantearse partiendo desde el sujeto, no del objeto. En esto último es realmente donde se plantea el quid de la cuestión, al trabajar físicamente sobre una obra existen unos límites y, además, la profesión ha de respetar criterios como el de la reversibilidad, mínima intervención, legibilidad, compatibilidad de materiales, etc., centrados siempre en torno al respeto por la historicidad y la autenticidad de la obra.

Cualquier objeto o monumento histórico consta de un valor rememorativo⁵⁵, que pudiera haber detentado bien desde el inicio de su creación, de manera intencional para conmemorar -tal es el caso en el mundo romano de arcos del triunfo o columnas como la de Trajano- o bien no intencionado, es decir, cuando se hizo podría haber tenido un valor meramente funcional -cerámicas, infraestructura hidráulica o pavimentos *e.g.*-. Entre ese primer valor para con el se concibiera y el que actualmente nosotros le conferimos han existido lo que podríamos denominar como ‘interestados de autenticidad concedidas’⁵⁶.

Lo que es más, dentro de un mismo estado por el que pueda pasar un elemento histórico concreto, cada persona o grupo de ellas tenderán a asociarle una imagen ideal y unos valores muy distintos. Hasta ahora, la profesión optaba por mantener el objeto tal como en el presente

⁵³ ESCRIBA ESTEVAN F. & MADRID GARCÍA, J. A.: El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio, *Arché*, nº 4-5, 2010, pp. 11-20.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 13.

⁵⁵ RIEGL, A.: *El culto moderno a los monumentos. Caracteres y orígenes*. Madrid: Visor. La balsa de Medusa, 1999.

⁵⁶ Al respecto, véase la Carta ICOMOS, principio cuarto, punto primero. Recurso web: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/interpretation_sp.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).

se encontraba, pues se considera que en su imagen material última convergen todos los valores y etapas por las que ha atravesado. Casos insignes podrían ser el del Partenón o el Coliseo: si los devolviéramos a su estado primigenio tal cual los viera la sociedad coetánea cuando se construyeron, con sus pinturas o fragmentos ahora ausentes, perderíamos la visión de la huella de épocas históricas posteriores, como el impacto de las guerras, los usos diversos que recibieron, etc.

No obstante, esta nueva vía experimental que pretendemos poner en práctica, permite observar por separado sin dañar o manipular la pieza física -siempre y cuando no se haya ya perdido, en lo que también nos ayuda la conservación virtual- en todos los aspectos deseados, recurriendo siempre a estudios interdisciplinares para su reconstrucción en que intervengan historiadores, arqueólogos, historiadores del arte o químicos entre otros⁵⁷.

Los beneficios que puede reportar la conservación y restauración virtual son inagotables y, entre otros, citamos los que siguen:

1. Aplicación sobre monumentos o yacimientos en riesgo de destrucción -como ha sido el caso de Palmira (Siria)-, expolio o aquellos a los que pueda afectar la presencia humana en sus visitas -vengan a la memoria ejemplos como el de la Cueva de Altamira o los propios mosaicos que no pueden ser vistos sino desde plataformas para no pisar-.
2. Recuperación de originales (policromía o formas completas).
3. Investigación en distintas fases del objeto o bien.
4. Posibilidad de hacer restauraciones preventivas para llegar a consenso entre profesionales o como antesala a proyectos.
5. Difusión en el ámbito académico y divulgación a la sociedad.

A pesar de ello, no podemos dar manga ancha y por válida cualquier restauración virtual, por lo que se hace necesario el establecimiento de unas normas fundamentales y pautas a seguir. Para ello actualmente, contamos con preceptos como los de la Carta del *Conseil International*

⁵⁷ Estos aspectos son recogidos los principios segundo (punto cuarto) y tercero de la Carta ICOMOS. Enlace web: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/interpretation_sp.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020)

des Monuments et des Sites (ICOMOS) para Interpretación y Presentación de Sitios de Patrimonio Cultural (2008)⁵⁸, La Carta de Londres Para la Visualización Computarizada del Patrimonio Cultural (2009)⁵⁹ o los más recientes Principios de Sevilla sobre Arqueología Virtual (2011)⁶⁰, todos ellos, con ciertos aspectos heredados claramente de la Carta de Atenas (1931)⁶¹ y la Carta de Venecia (1964)⁶² y la ayuda de asociaciones como la SEAV (Sociedad Española de Arqueología Virtual) incluida en INNOVA, el Centro Europeo de Innovación en Arqueología Virtual.

⁵⁸ *Ibid.*, recurso web.

⁵⁹Recurso web a través de: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_es.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020)

⁶⁰ Acceso web desde: <http://smarterheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

⁶¹ Consulta web en: <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:40dcc432-525e-43a7-ac7a-f86791e2f5e6/1931-carta-atenas.pdf> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

⁶² Recuperada desde: https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).

6. FOTOGRAMETRÍA.

6.1. METODOLOGÍA.

6.1.1. TRABAJO DE CAMPO: MATERIALES Y TOMA DE DATOS.

Por los más es de sobra conocido que el proceso de la fotogrametría digital consiste en una técnica que nos permite obtener, a partir de la captura planificada de fotografías convergentes, nubes de puntos tridimensionales, mallas poligonales y modelos 3D mediante el uso de *software* especializado. Todo ello permitiendo la consecución de información métrica real por medio de un proceso de registro fotográfico, medición e interpretación. La Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección la define tal que así⁶³: ‘el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos’.

Tal y como ya justificáramos en su momento, esta introducción a la aplicación de la técnica no pretende ser ni de cerca un manual repleto de referencias matemáticas incomprensibles de todo punto para nosotros -pues somos estudiantes de Historia y esto es una formación transversal en nuestro currículo- sino que más bien, en un amago de aquello que considerábamos que había de ser extendido, un ‘lenguaje común’, perseguimos exponer del modo más sencillo en que nos sea posible cómo poner en práctica dicho procedimiento.

En primer lugar, el objeto del que hemos procurado obtener un modelo tridimensional, como ya se sabe es un mosaico exhibido en una sala del Museo Arqueológico de Jerez. Evidentemente, ya que no nos era conocido con anterioridad, una vez incluido en el *corpus* que habíamos hecho sobre musivaria romana mitológica de Andalucía, pedimos información sobre este en su ubicación actual. Así pues, el paso preliminar -antes de llevar a término la fotogrametría y aparte del de la investigación y la solicitud de los permisos pertinentes ante las administraciones- era el de acudir a las dependencias que lo conservan con el fin de saber cómo está expuesto, cuáles son las dimensiones, cómo influye la luz, de qué espacio se dispone y demás pormenores.

Acompañados por los técnicos del museo Dña. Carmen Martín Mochales, restauradora, y D. Francisco J. Barrionuevo Contreras, arqueólogo, pudimos comprobar que el mosaico se encontraba anclado a una pared totalmente negra, sin ninguna vidriera que se interpusiera y que tan solo a la derecha lindaba con una vitrina de exposición de otros materiales de vidrio y

⁶³Cfr.: <https://www.asprs.org/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

cerámica. Las dimensiones no eran excesivas, pues cuenta con 43'8 cm de ancho, por 63 cm de largo y 3'4 cm de profundo, y aunque en un principio íbamos con la previsión de poder hacer su restitución completa e incluso se nos ofreció por parte del museo el desanclarlo, fuimos informados y pudimos confirmar *in situ*, que lo que debía ser el *nucleus* o *supranucleus* realmente era una capa de cemento moderno para su afiance, por lo que se tomó la decisión de no restituir la capa trasera al no aportar datos reales. En cuanto a la iluminación, se nos indicó que había varios focos disponibles y que al efecto podrían colocarse, aparte del fijo que ya estaba dirigido al propio mosaico. El tamaño de la sala de exposición, de otra parte, también nos era suficiente como para poder trabajar en ella, como se podrá dilucidar en la fotografía que sigue.

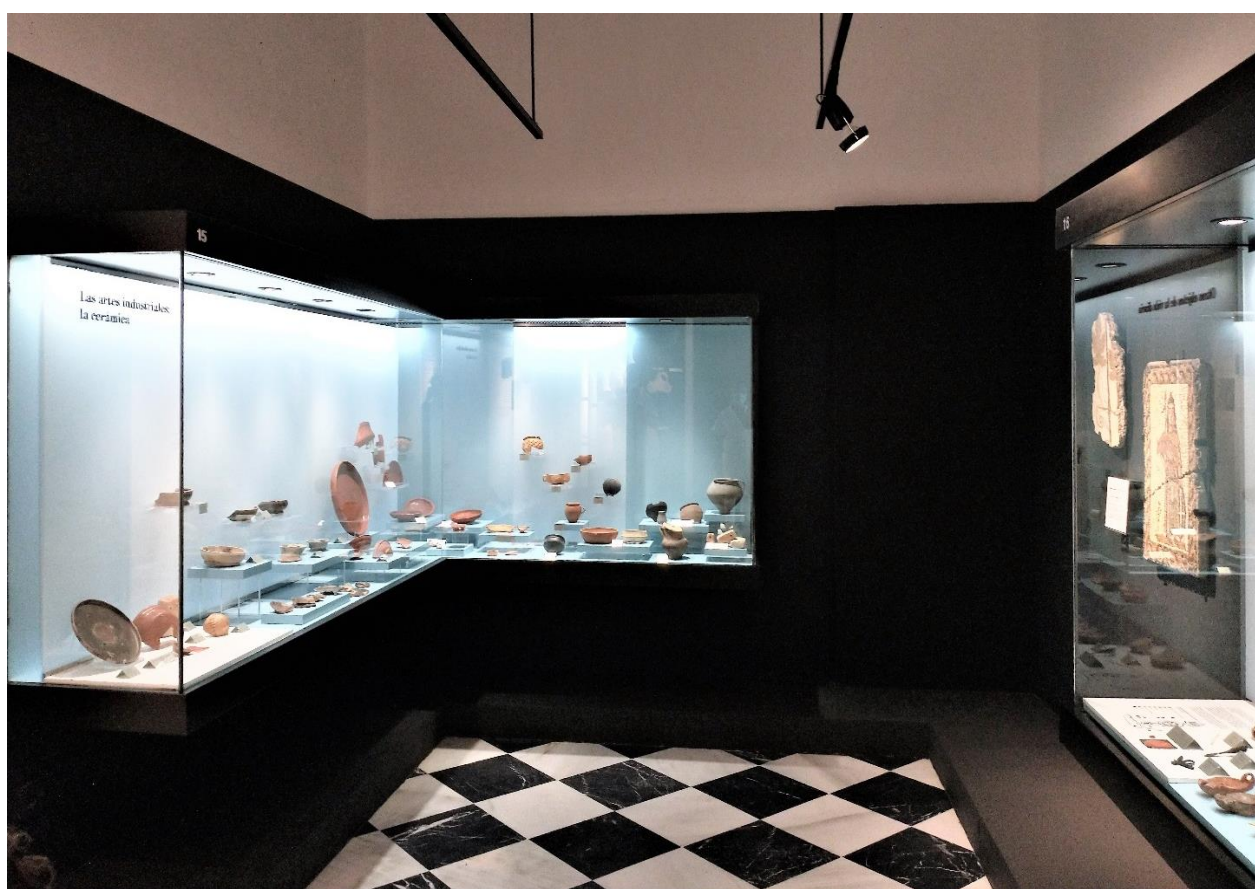


Fig. 18: Fotografía de la sala en que se ubica, a la derecha, el Mosaico de Minerva. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo todos estos detalles en cuenta se planteó qué materiales habríamos de precisar y transportar desde el Laboratorio del IVAGRO, y otros tantos que nos fueron brindados por los compañeros, la Dra. Dña. Jenny Pérez Marrero y el técnico informático e investigador predoctoral D. José Antonio Calvillo Ardila, quienes también colaboraron y formaron parte de este trabajo con sus conocimientos.

Antes de proseguir con la metodología de toma de datos, creemos de mayor conveniencia enumerar las herramientas de las que pudimos servirnos:

1. **Cámara fotográfica.** Un básico e imprescindible en nuestra práctica. En el caso que nos toca, tuvimos la suerte de poder tener a nuestra disposición dos tipos de cámara distintas: una Canon EOS 350D, material usual del laboratorio, y una Fujifilm X-T30, cortesía de D. José Antonio Calvillo. Decíamos que diversas porque la Canon, al ser la de uso habitual para nosotros en fotogrametría, la llevábamos previamente calibrada, con lo que ello supone, mientras que la Fujifilm la tuvimos que autocalibrar *a posteriori*. Evidentemente, esto produjo distintos resultados de los que en su respectivo apartado daremos cuenta.



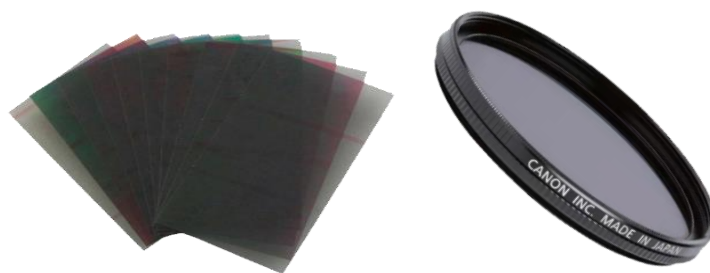
Figs. 19 y 20 : A la izquierda fotografía de la Canon EOS 350D con el objetivo usado, a la derecha la Fujifilm X-T30. Fuente: Elaboración propia.

2. **Objetivos.** Para la Canon EOS 350D, sabiendo aproximadamente la distancia a la que estaría la cámara del mosaico optamos por un objetivo estándar EF-S 18-55 mm f/3.5-5.6.



Fig. 21: Objetivo utilizado. Fuente: Elaboración propia.

3. **Trípodes.** No solo útil como sistema de elevación de la cámara, sino estabilizador al contar con nivel de burbuja y evitar el más mínimo movimiento a la hora de la toma fotográfica.
4. **Iluminación.** Al no estar recomendado el flash, para que la luz fuera fija, contamos con -también aportados por D. J.A. Calvillo- focos LED y reflectores plegables de luz en plata para reflejar luz sin aportar tonos y en negro para absorber los excesos, que regularon la intensidad lumínica y sombras. Teniendo en cuenta que la teselas de los mosaicos pueden ser cerámicas o vítreas, generando con ello brillos, se podría haber aplicado la técnica de la polarización cruzada⁶⁴, en que se usan filtros para los objetivos de las cámaras y las luces LED, pero al no contar con ellos, nos fue imposible.



Figs. 22 y 23: Filtros polarizados para LED y cámara Canon. Fuentes: <https://store.canon.es/canon-filtro-polarizador-circular-canon-pl-c-52-mm/2187B001/> y <https://es.aliexpress.com/i/4001134515344.html>

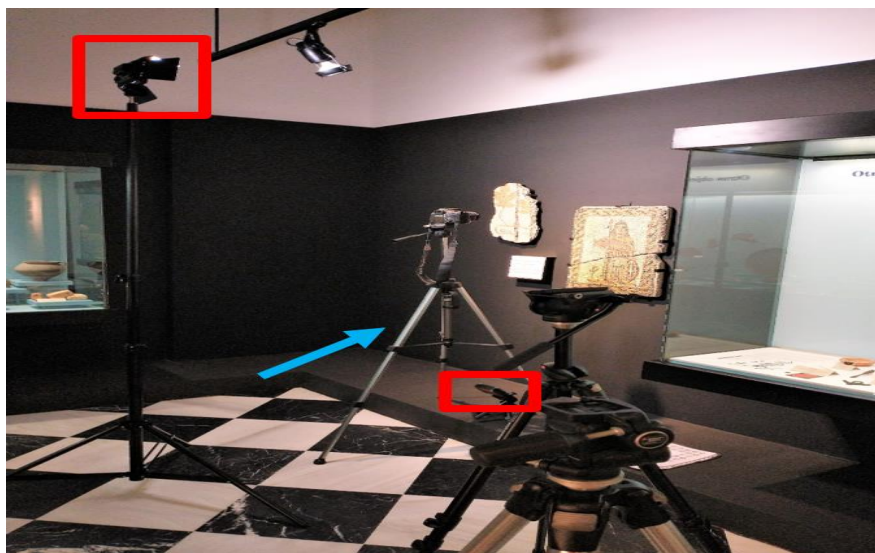


Fig. 24: Encuadrado en rojo, luces LED para iluminar el mosaico, ambos con trípodes para modificar su altura. Indicado con flecha azul, trípode para fotografiar. Fuente: Elaboración propia.

⁶⁴ FELICÍSIMO, A. M.; DURÁN-DOMÍNGUEZ, G.; POLO, M^a E.; DE SOTO, M^a R.; TORTOSA, T. & MORÁN, C. J.: Polarización cruzada en la construcción de modelos 3D fotogramétricos: medida y control de la calidad colorimétrica. Póster presentado en el XIII Congreso Ibérico de Arqueometría, Faro, Portugal, 2019.



Fig. 25: A la izquierda la Dra. Pérez Marrero, a la derecha D. José Antonio Calvillo, ambos en nuestra ayuda sujetando un reflector de luz señalado en azul. Fuente: Elaboración propia.

5. **Instrumentos de medida.** Una cinta métrica, tanto para medir la distancia de la cámara al objeto (1'5m) como para las longitudes de mayor envergadura. Para mayor precisión, en la toma de medidas de las teselas que luego nos servirían como referencia en el proceso con el *software*, nos valimos de un calibre digital electrónico.



Fig. 26: Calibre o pie de rey digital electrónico midiendo la longitud de una tesela del mosaico. Fuente: Fotografía de la Dra. Pérez Marrero.

6. **Dianas.** Este elemento tan útil a la hora de hacer fotogrametría en otros objetos o edificios podríamos haberlo obviado al ser un mosaico de pequeñas dimensiones en que el espacio estaba controlado totalmente, no obstante, siempre son de ayuda a la hora de

ganar precisión y también como referencias entre fotografías, como se explicará en el apartado de *software*.

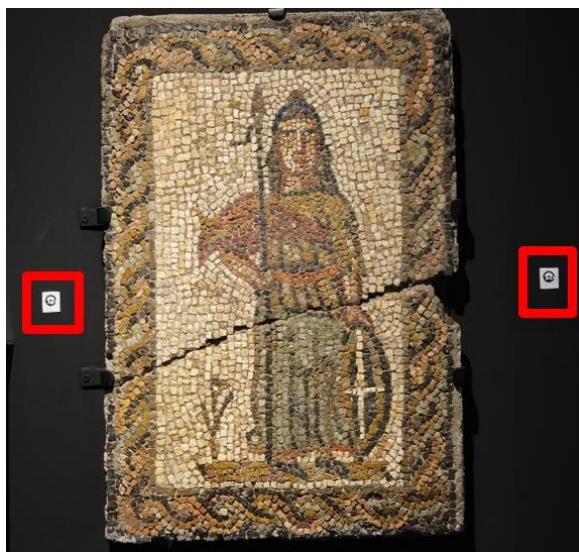


Fig. 27: Dianas utilizadas para la fotogrametría del mosaico de Minerva. Fuente: Elaboración propia.

7. **Blu-Tack.** Esta masilla adhesiva, personalmente, la usamos no solo como forma de pegar las dianas sin causar daño a las superficies sino que, en pequeñas bolitas inferiores al milímetro, pueden servir de guía al proceso de fotografía estableciendo los límites.



Figs. 28 y 29: Blu-Tack y su uso. Fuente: Elaboración propia.

8. **Bocetos.** Es importante siempre dejar registrado un bosquejo de lo que sería el elemento a reproducir, con medidas, referencias, número de dianas asignadas, etc., pues la memoria es frágil y a la hora de procesar es necesario contar con un auxilio en la tarea.

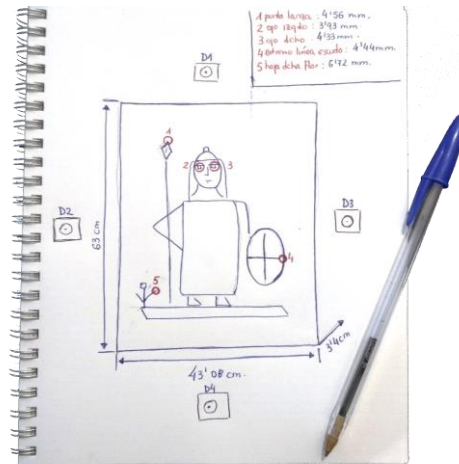


Fig. 30: Imagen del boceto realizado durante el trabajo en museo indicando las medidas del paño de mosaico (en azul), las de las teselas concretas (en rojo) y las dianas D1 a D4 (en negro). Fuente: Elaboración propia.

9. **Estación total (ET) y GPS.** Aunque en esta reconstrucción su uso estaría totalmente injustificado y sería inútil, para mosaicos que estuvieran en su contexto sería esencial, pues con la estación total y GPS podrían tomarse puntos apoyados en las dianas y establecerlos geográficamente en el espacio, lo que se vincularía con la aplicación de los SIG. Como es obvio, al estar nuestro mosaico en un museo, las coordenadas geográficas nos son totalmente innecesarias, al no aportar nada a la investigación.
10. **Carta de color.** Como sabemos la fotogrametría, además de arrojar datos métricos también puede aportar información cromática, para ello se aplican estas cartas de tal manera que a los colores se le puedan asignar un valor RGB -aún teniendo en cuenta el condicionamiento de los ajustes de la cámara y que las imágenes estén en extensión .raw- y posteriormente en el procesado de datos de la nube de puntos, comparar mediante tablas los valores. Para nuestra práctica no pudimos contar con ella, por lo que no podremos aportar datos sobre esto.



Fig. 31: Carta de color Globell SpyderCheckr. Fuente: https://www.amazon.es/s?k=Globell+SpyderCheckr++Carta+de+color&mk_es_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95C3%91&ref=nb_sb_noss (última consulta 1 de diciembre de 2020).

Familiarizados ya con los materiales y su utilidad, comenzaríamos a dar los primeros pasos en el empleo de la técnica. Una vez en el museo, visualizamos dónde había de ser colocada la iluminación y el trípode con la cámara, hecho esto, pasamos a hacer algunas pruebas de fotografías para ver los errores lumínicos que pudieran estar sucediendo y solventarlos o bien conocer dónde habíamos de colocar cada tipo de reflector.

Comprobado todo esto, el primer proceso de fotografía se hizo con la cámara Canon EOS 350D, a la que se le dio como parámetros una *focal length* o distancia focal de 54.9988 dejando el disparo en manual y objetivo fijo en esta distancia sabiendo que el *software* usado no permite que se modifique lo que conocemos popularmente como *zoom*, tampoco el trípode debía moverse hacia delante o detrás porque desenfocharía el objeto, por lo que el movimiento era siempre lateral u horizontal. De otro lado, también tuvimos que manipular la sensibilidad/velocidad ISO -equilibrio de luz para una exposición correcta- a 100, de tal manera que no salieran las fotografías, subexpuestas, o por el contrario, al elevarlo, con ruido. También se jugó con los valores del diafragma en su apertura menor (f/ mayor) de tal manera que el enfoque fuera aceptable ofreciendo mayor nitidez -profundidad de campo- y congelando la imagen del objeto, lo que se tuvo que conjugar con la velocidad de obturación o tiempo de exposición (a menor entrada de luz dicha exposición ha de ser mayor y viceversa).

En lo que respecta a la toma de imágenes, se hizo mediante lo que se conoce por fotogrametría estereoscópica, pues hay que tener en cuenta que realmente íbamos a trabajar sobre un ‘plano’, al no interesarnos la base de cemento. En este tipo de trabajo el movimiento es sobre un mismo eje en paralelo al objeto, donde los pares de fotografías deben tener un área común entre sí, del 50% aprox., de tal manera que luego el programa informático sea capaz de reconocer su posición, lo que consigue a partir de los haces de luz de la cámara cortando sobre un mismo punto, lo que a su vez orientaría de forma relativa⁶⁵. Aparte de esos puntos obtenidos por orientación relativa que puede hacer automáticamente por correlación el programa, luego habremos de ofrecerle otros de control para la orientación absoluta del modelo.

⁶⁵ IBÁÑEZ DE ELEJALDE LANDA, P.: *Archivo del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad del País Vasco, 2011, p. 23.

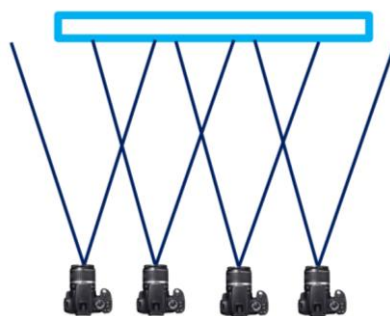


Fig. 32: Ejemplo de fotogrametría estereoscópica. Fuente: Elaboración propia.

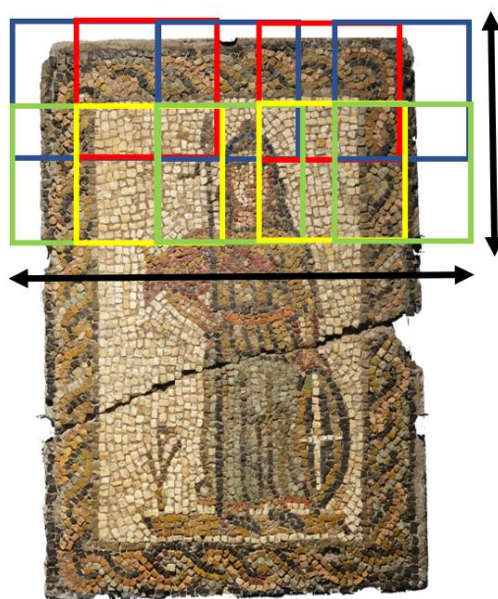


Fig. 33: Ejemplo de toma de fotografías. Los cuadrados azules y rojos de la primera fila indicarían el solapamiento en horizontal durante el movimiento lateral mientras que los cuadrados verdes y amarillos muestran el solape entre sí y en perpendicular con la primera fila. Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que durante la realización de fotografías con la cámara Canon tomamos las dianas con una distancia focal distinta y en un proceso aparte, puesto que estas las habíamos colocado en el exterior del mosaico, en la pared en la que se hallaba expuesto. Si hubiéramos tenido que captarlas durante la primera toma con dicha cámara hubiéramos tenido el problema del solape entre la pared -que recuérdese era totalmente negra y satinada- y el borde del mosaico.

Esta situación vinimos a repararla con el siguiente método que llevamos a término con la cámara Fujifilm, el de la fotogrametría convergente en que aún habiendo un mayor ángulo y estando la cámara en posiciones más escoradas, la nitidez y la distancia hiperfocal no supusieron un problema al que estar atendiendo continuamente.

En el proceso convergente, frente al anterior, la toma de fotos no es sobre ejes paralelos, sino que más bien rodearían al objeto a modo de media luna, presentando, valga la redundancia, cierta convergencia. El planteamiento entre el solape de imágenes sigue siendo el mismo solo que en este caso lo aconsejable es que la intersección entre una posición y otra de la cámara sea de unos 90°, y como mínimo 30°.

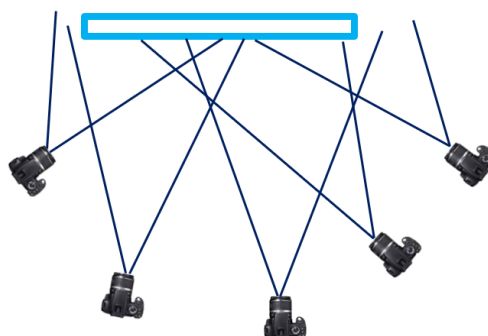


Fig. 34: Ejemplo de toma fotográfica convergente. Fuente: Elaboración propia.

Como de antelación habíamos puesto ya de manifiesto, en este paso las dianas fueron colocadas en número de cuatro, de las que finalmente solo se tomaron dos, la D2 y la D3 (*cfr. fig. 30 y 35-37*):



Figs.35, 36 y 37: Muestra de tres de las fotografías con las D2 y D3 y la convergencia entre la toma de estas. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con todas las fotografías hechas, procedimos a realizar el boceto que hemos mostrado y la toma de medidas del largo de algunas teselas concretas con el calibre. Aparte de dejar constancia por escrito en nuestro esquema de qué teselas se trataba, la Dra. Marrero, con su propia cámara se encargó de fotografiar la tesela escogida y la medida resultante.



Fig. 38: Fotografías realizadas por la Dra. Marrero dejando constancia de la medida de la ‘Tesela 1’ en la punta de la lanza. Fuente: Dra. Pérez Marrero.

Lo ideal hubiera sido que al terminar la toma de datos hubiéramos podido comprobar las fotografías en el portátil que llevábamos junto con el conector USB para la cámara, no obstante, debido a que agotamos el tiempo por el cierre del museo, no pudimos hacerlo. Esto es importante para no tener que volver a repetir en días distintos el proceso. En esta ocasión, todo salió correctamente.

6.1.2. SOFTWARE Y PROCESOS.

Para esta etapa las herramientas necesarias serían un PC y un *software*, que para nosotros será PhotoModeler Premium en su versión 2020.1.1.2562 (64 bit), para el que tenemos licencia en el equipo. En cuanto al ordenador utilizado, es el propio, un *Lenovo ThinkPad E480* con un procesador *Intel® Core™ i5-8250U CPU @ 1.60GHz 1.80GHz* y una RAM de 8GB.

Obviamente, antes de comenzar a trabajar con PhotoModeler, habremos de pasar las fotografías tomadas al ordenador. En este paso, y aunque pueda ser considerado en vano, resulta verdaderamente significativo el orden. *Id est*, lo primero sería hacer una carpeta general, que para nuestra práctica hemos llamado ‘Mosaico Minerva Jerez’, dentro de ella, dos carpetas: una para las fotografías realizadas con la Canon EOS 350D y otra para las de la Fujifilm X-T30. A su vez, dentro de cada una de ellas crearíamos dos carpetas, una con las fotos en bruto a la que aquí denominamos como ‘1. Originales’ dentro de la cual podríamos subdividir las fotografías por su formato .raw o .jpg -aunque para este mosaico solo hemos obtenido .jpg por su menor peso y facilitarle al ordenador la labor-; y, de otro lado, crearíamos una carpeta en que copiaríamos el mismo material pero con la intención de manipularlo, nombrándola como ‘2. Proceso PhotoModeler’.

Esta organización y modo de almacenamiento, que nosotros hemos hecho en un disco duro externo y que *a priori* no podría parecer sustancial, resulta totalmente indispensable, por la diferencia de cámaras -el programa capta cuando hay una imagen ‘intrusa’ hecha con otro dispositivo o *focal length*-, por la gran cantidad de imágenes generadas y archivos que luego produce el propio *software* por cada fotografía -una idealizada y una extensión .cch además de las *masks*- y sobre todo porque si modificamos lo más mínimo la ruta se pierde y PhotoModeler nos advierte del error. Además el contar con una carpeta con los datos en bruto, siempre ayuda a que si se quiere hacer un modelo con otros parámetros de nuevo solo se tenga que copiar y pegar.

Teniendo estos pasos previos claros, pasaremos a exponer las distintas fases por la que transcurre la creación del modelo tridimensional del Mosaico de Minerva. Para ello hemos creído conveniente, además de especificarlos por apartados, el incluir la explicación junto a capturas de pantalla en que el lector pueda ver la interfaz gráfica del programa y con ello aprender a poner en práctica lo básico, puesto que los manuales sobre este o bien han quedado obsoletos por los cambios de versión o bien no constan de imágenes que puedan guiar a usuarios inexpertos.

1. Calibración u orientación interna.

La calibración consistiría en identificar a partir de las fotografías de un/os impreso/s con patrones o dianas, los parámetros internos y geométricos de la toma fotográfica, como la distancia focal o el punto central del sensor de la cámara, la distorsión radial, la tangencial o la reconstrucción de haces.

Para ello tenemos una primera opción que es la que podríamos denominar como ‘pre-calibración’, es decir, antes de hacer nuestro trabajo de campo, la cámara y objetivo/s a usar deberían pasar por un proceso en que, a través de las fotografías que generen sobre una plantilla, se obtenga un fichero .exif con la información anteriormente mencionada de la cámara y que podamos guardar en la *library* o biblioteca del programa, con la intención de que al hacer el proyecto podamos escoger dicha cámara y la focal utilizada. Este procedimiento, como ya aclaramos, fue el usado con la Canon EOS 350D.

En segundo lugar, PhotoModeler, nos da la posibilidad de hacer una calibración *a posteriori*, esto es, desde las fotografías del proyecto en concreto, podríamos escoger la opción de resolver la orientación automáticamente seleccionando ‘Orientation’, ‘also solve internal camera parameters (Auto-calibration)’ y ‘when no other calibration is found’, cosa que ocurrió con las imágenes obtenidas con la Fujifilm X-T30.

El primero de los procesos de ‘precalibración’ es tan sencillo como acceder al programa y en la pestaña ‘File’ seleccionar ‘Print’, donde aparte de darnos la ocasión de imprimir dianas -en lo que nos detendremos en próximos apartados- podemos escoger ‘Print Calibration Target Pattern’ que sería el impreso para calibrar. Tenemos dos modos de hacerlo: uno sería la ‘Multi-sheet Calibration’ y el segundo sería la ‘Single Sheet Calibration’. Con la primera forma, debemos darle al *software* una fotografía cualquiera realizada con la misma cámara y distancia focal que necesitemos calibrar y la distancia a la que estaremos cuando hagamos las fotografías de tal manera que se nos calcule cuál ha de ser el diámetro interno de la diana. Además de esto, debemos seleccionar con cuántos impresos (*sheets*) y de qué tamaño queremos trabajar, generando así un PDF en que habrá un número concreto de dianas por cada página. En el otro tipo de calibración interna de tipo ‘Single sheet’, las dianas estarán en una sola página.

Una vez impresas las dianas de calibración, las fotografías sobre estas habrán de hacerse bajo unas condiciones mínimas. En lo que respecta a la ‘Single Sheet’⁶⁶, esta habrá de apoyarse

⁶⁶ Para visualización del proceso de toma fotográfica consúltase: <https://www.photomodeler.com/downloads/tutorials/pre-2019/media/SingleSheetCalib/CalibrationPart1.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

sobre una superficie plana y ser fotografiada desde las cuatro perspectivas del folio y por cada una de ellas en tres posiciones (izquierda, centro y derecha) dando lugar, al final, un arco de 180° obteniendo al menos doce fotografías, asimismo la cámara habrá de ser colocada en tres posiciones distintas. Para la ‘Multi-sheet’⁶⁷, desde PhotoModeler, se nos aconseja que aunque la mayoría de las plantillas estén sobre una superficie plana, otras se eleven, de manera que se pueda incluir el factor ‘relieve’ en la obtención de los parámetros.

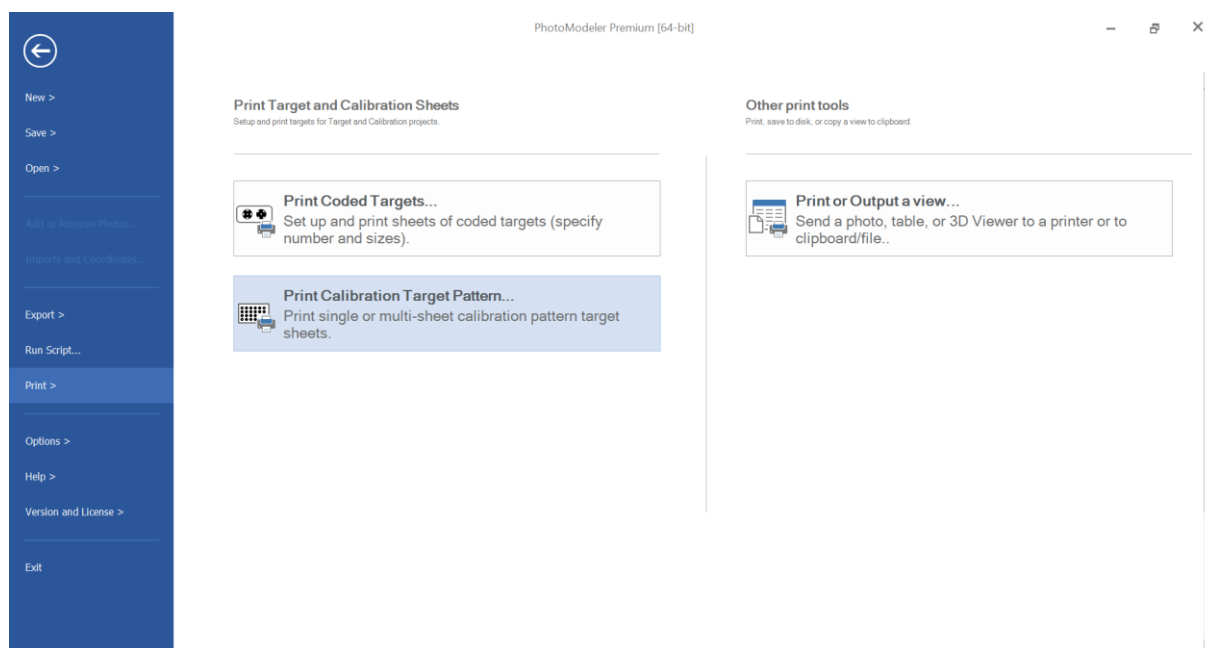


Fig. 39: Primer paso: imprimir plantillas para calibración. Fuente: Elaboración propia.

⁶⁷Cfr.: <https://www.photomodeler.com/downloads/tutorials/2019/media/Multi-sheetCameraCalibration/Multi-sheetCameraCalibration.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

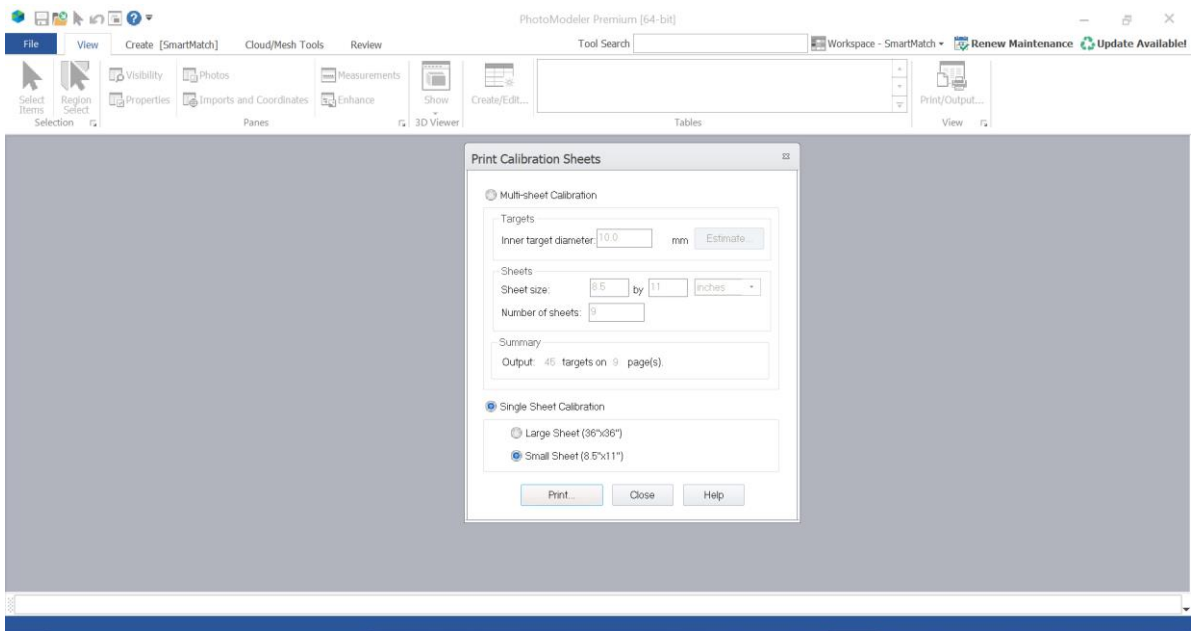


Fig. 40: Calibración 'Single Sheet'. Fuente: Elaboración propia.

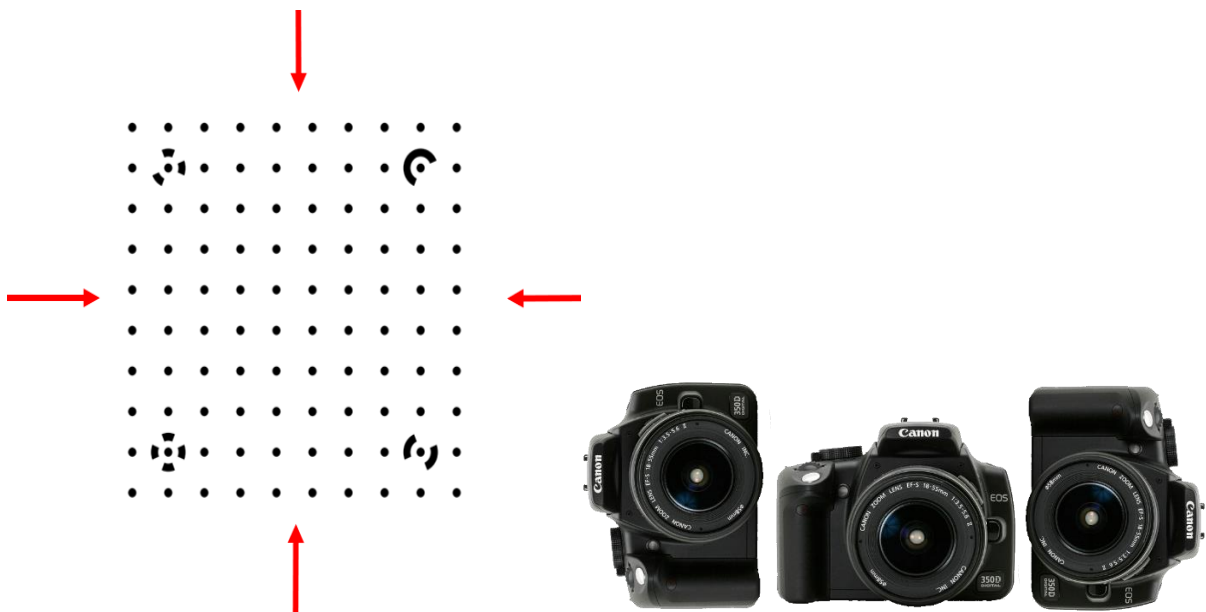


Fig. 41: Plantilla 'Single Sheet' y posiciones de la cámara en cada estacionamiento señalado en rojo.
Fuente: Elaboración propia.

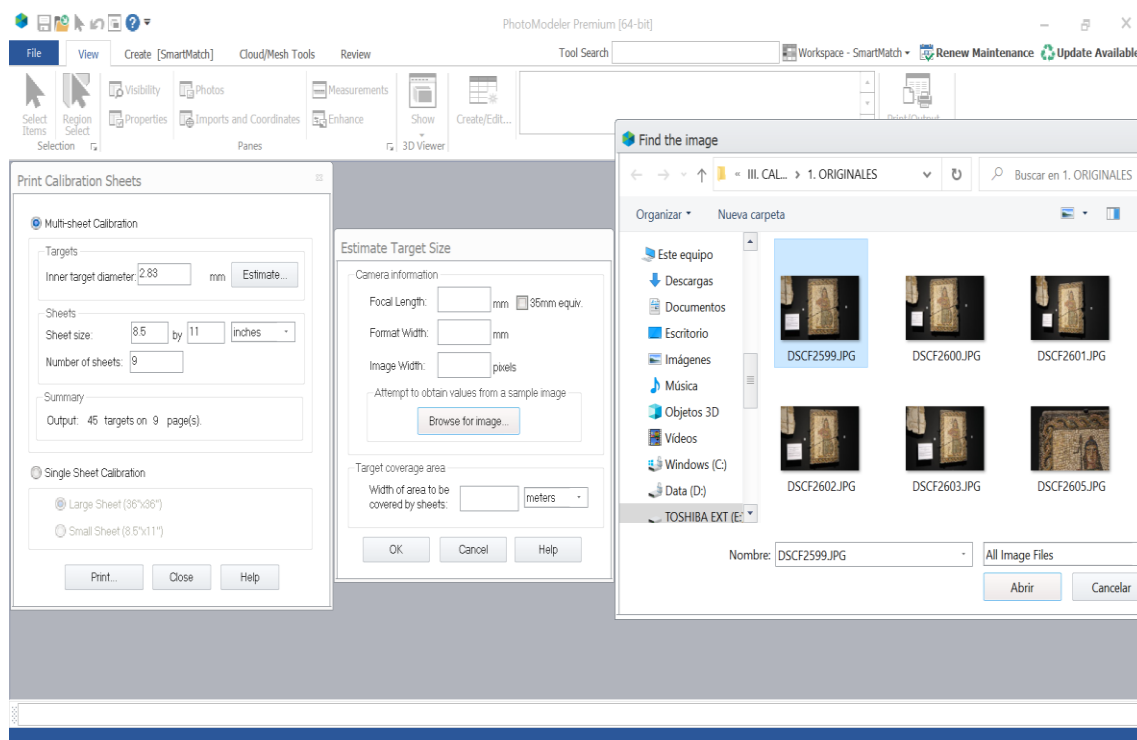


Fig. 42: Calibración 'Multi-sheet'. Fuente: Elaboración propia.

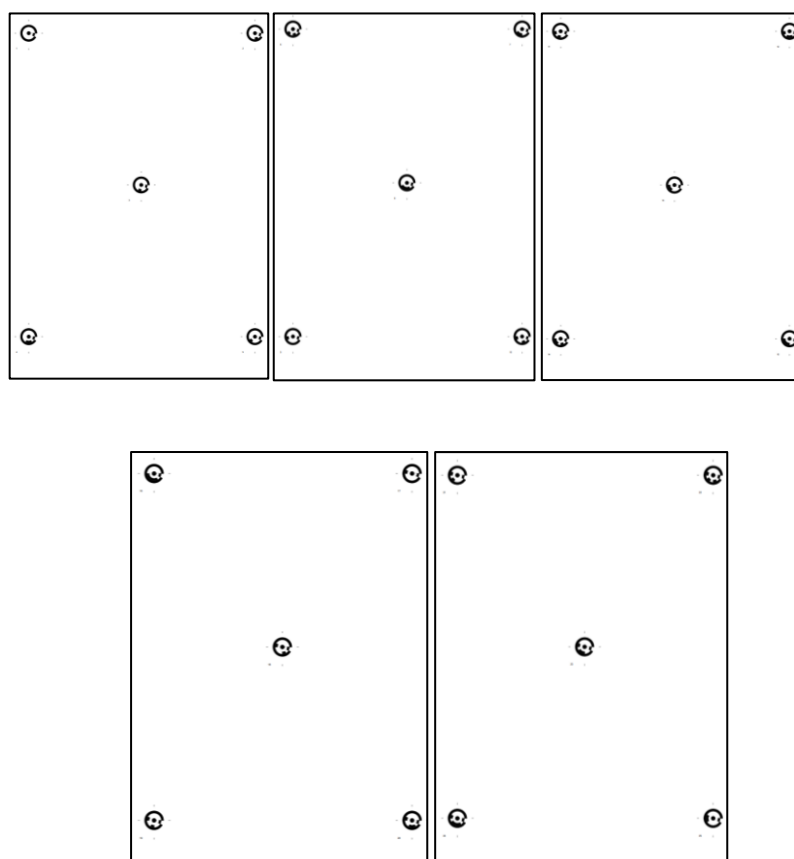
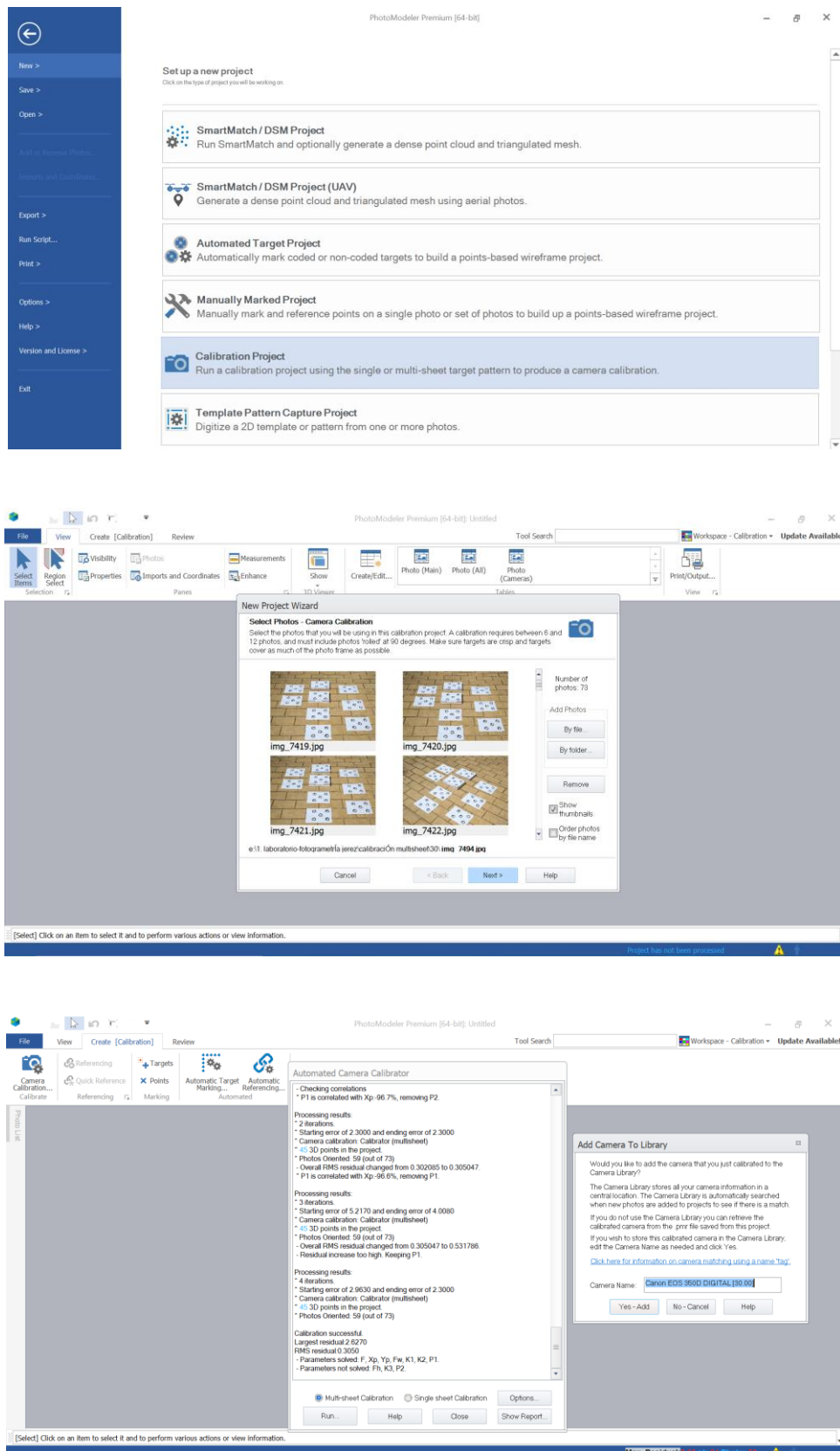


Fig. 43: Plantillas 'Multi-sheet'. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 44, 45 y 46: Proyecto de calibración 'Multi-sheet' por pasos y adición de los parámetros de la cámara a la 'Library'. Fuente: Elaboración propia.

2. Dianas o *Targets*.

Las dianas, que ya podemos reconocer en su forma por el apartado sobre metodología y materiales en fotogrametría, son puntos de control fácilmente identificables en las fotografías. Estas son creadas automáticamente por el programa de tal modo que no existan dos iguales en una misma impresión. Generalmente, el *software* suele permitir que sean negras sobre fondo blanco o a la inversa, pero siempre cumpliendo un mismo patrón: un punto central que se rodea de un círculo relleno más espeso y envolviendo a estos un tercer anillo blanco o negro completo y una cuarta y quinta de circunferencias incompletas. En la esquina inferior a la izquierda, también cuentan con un número que hace posible al usuario distinguirlas al trabajar sobre ellas.

Su empleo en fotogrametría se debe a que dan gran precisión al proyecto en general. Aunque sabemos que en el proceso automático de marcado de puntos el programa obtiene un error más que aceptable y que existe la posibilidad de que el usuario pueda marcarlos entre imágenes -lo que suele dar ciertas inexactitudes, por la diferencia de ángulos entre fotos que puede llegar a dar un error de entre 3 y 10 píxeles-, las dianas pueden ofrecer una exactitud en subpíxeles lo que influiría claramente en la reducción del 'Máx. Residual' del que más tarde nos ocuparemos.

Para poder imprimirlas podemos acudir a la misma pantalla que para la calibración (*ut supra*, fig. 39) y seleccionar 'Print Coded Targets'. En un primer momento elegiríamos cuántas dianas necesitamos, en qué tipo de formato de papel (folio o pegatina), tamaño del folio, el diámetro de las dianas -estimado por la cámara que vayamos a usar y los metros a los que vayamos a hacer la fotografías- y finalmente, el tipo de dianas -con círculo central o sin él, simples o en pares y blancas sobre negro o al contrario-.

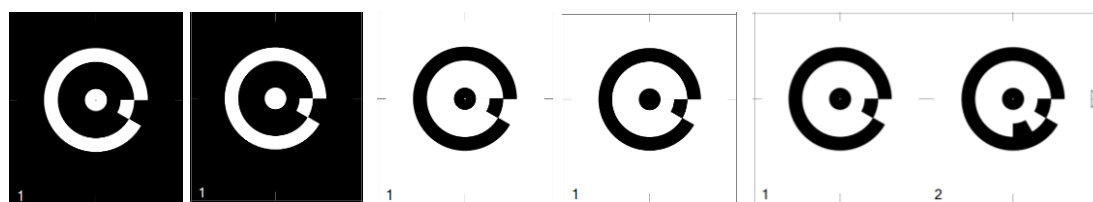


Fig. 47: Tipos de dianas: blancas sobre fondo negro con y sin punto central; negras sobre fondo blanco con y sin punto central; y, pares de dianas negras sobre blanco con punto central. Fuente: Elaboración

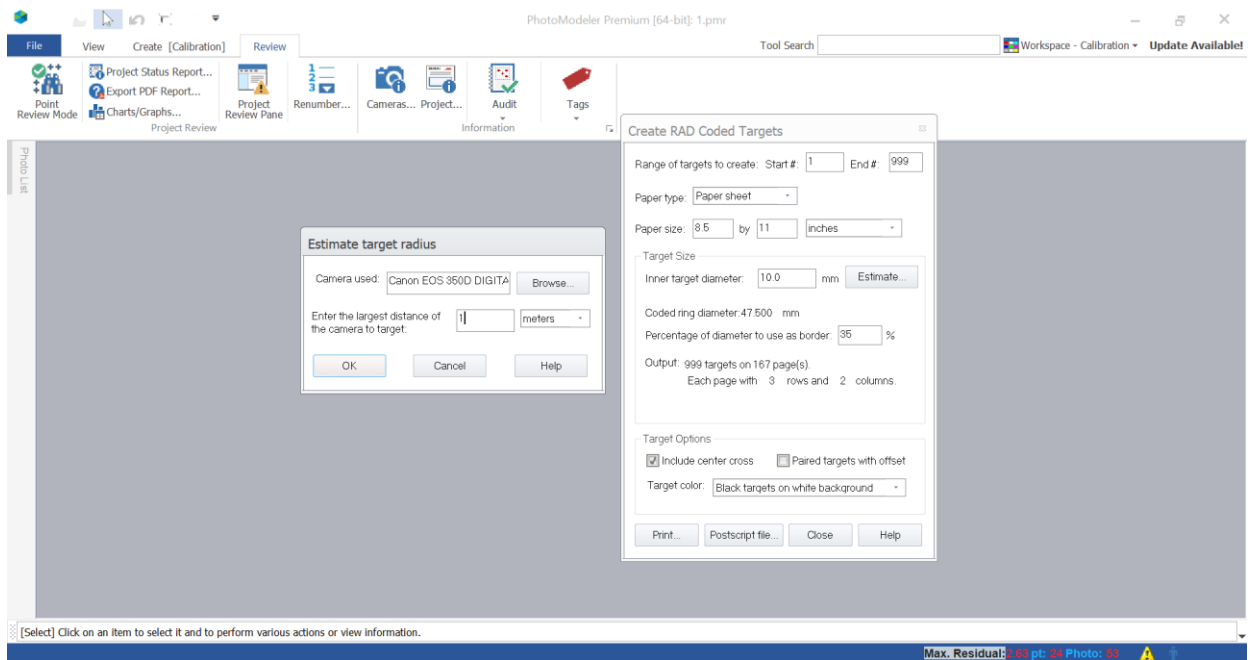


Fig. 48: Cálculo del tipo de dianas según cámara, focal y distancia a la que se hará fotogrametría y opciones de dianas. Fuente: Elaboración propia.

3. Pasos previos y ‘SmartMatch’.

De los tres tipos de procesos que nos ofrece PhotoModeler Premium -sin incluir el de la fotogrametría aérea o UAV y el ya referido para la calibración-, nosotros hemos optado por el ‘SmartMatch/DMS Project’, pues aparte de ser más rápido es el más eficaz para nuestro modelo. Los otros dos, el ‘Automated Target’ y el ‘Manually Marked Project’ no nos serían del todo útiles, pues uno tiene como fin aquellos en que las dianas son la principal referencia para resolver la superficie, mientras que en el otro, los puntos comunes entre fotografías han de ser marcados por el usuario creando las superficies. No obstante, esto no impide que posteriormente podamos agregar a nuestras fotografías las dianas D2 y D3 y algunos puntos o líneas de control.

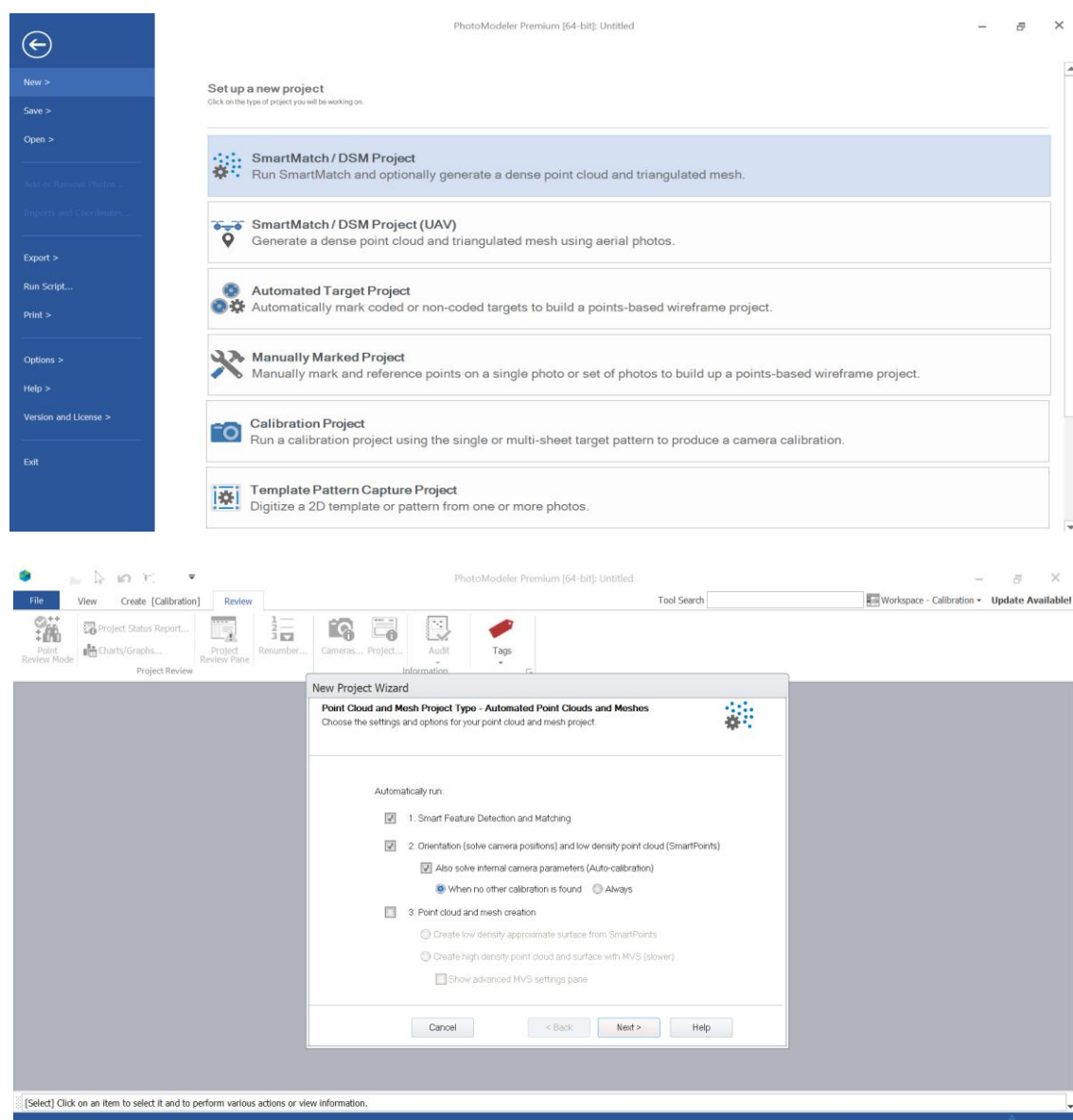
Para estas páginas en concreto sobre el proceso, hemos decidido mostrar cada fase con el producto obtenido de la cámara Fujifilm, puesto que su resolución, tal como veremos en los resultados, era mucho mayor y además nos permitió tomar las dianas en un mismo momento, con lo que podemos presentar todos los pasos necesarios en un mismo proyecto.

Siendo esto así, y entrando en el ‘SmartMatch/DMS Project’, de manera automática haríamos solo los puntos primero y segundo: la detección y conexión entre puntos y la orientación -con autocalibración como dijéramos más arriba-. Elegidas estas opciones tendríamos que cargar las fotografías para su manipulación. Personalmente, tenemos una pequeña estratagema que es la de, en vez de subir todas para directamente comenzar el trabajo, elegimos entre siete y diez imágenes de ese mismo proyecto que se solapen entre sí y las copiamos en otra carpeta que denominamos ‘3. Prueba-Autocalibración’, las procesamos con el ‘SmartMatch’ y guardamos el archivo .exif que genera el programa junto con el tipo de cámara y parámetros en la biblioteca del mismo, de tal manera que cuando procesemos el proyecto entero no tengamos que volver a hacer la ‘Autocalibration’, para ello solo tenemos que ir al panel de ‘Review’, ‘Information’ y ‘Cameras’ y en la ventana que salga elegir ‘Library’ pasando la cámara con los parámetros ideales a nuestro almacenamiento.

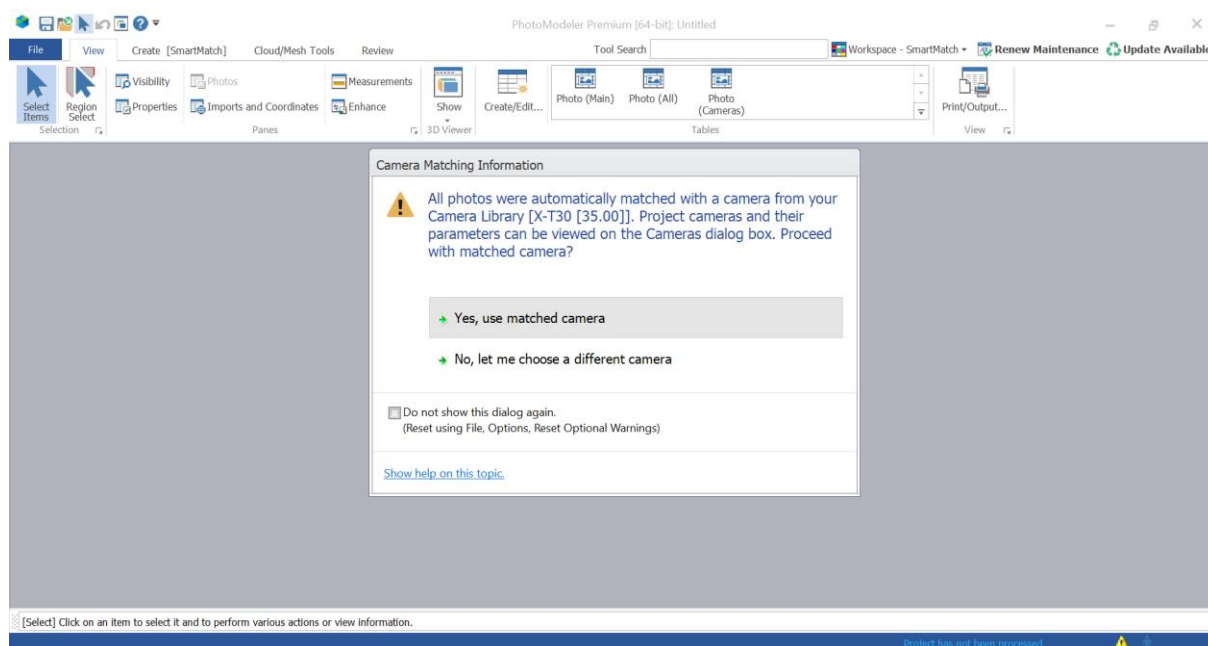
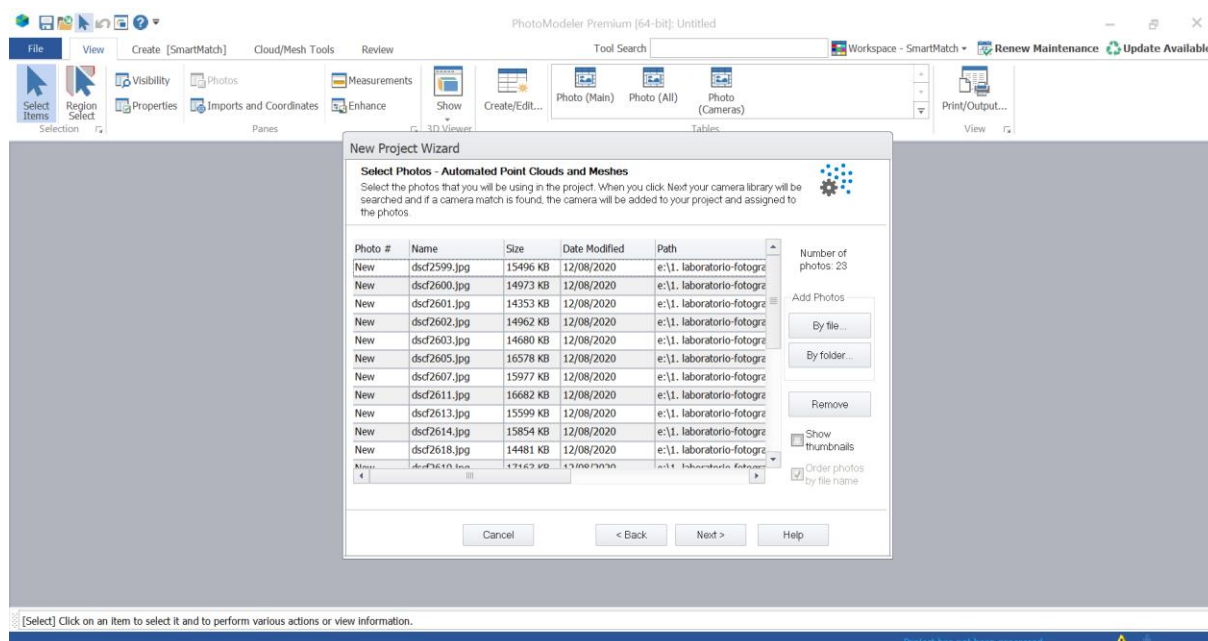
Este pequeño ardid se debe a que una vez terminada dicha prueba, tendremos que hacer el proyecto entero e idealizar todas las fotografías antes de hacer el ‘SmartMatch’, ahorrando tiempo y esfuerzo al ordenador. Recapitulando: obtenidos los parámetros de la Fujifilm, cerramos ese proyecto de prueba y volvemos a entrar de nuevo en el programa, seleccionando el mismo tipo de *project* y los dos subsiguientes y primeros puntos, detección y conexión y orientación entre puntos. El tercero de ellos, la nube densa de puntos y la malla, no lo marcamos

ya que por experiencia anteriores, sabemos que si lo hacemos, el PC con el que contamos no podría y abortaría directamente el proceso.

Ahora sí, tras esto, subiríamos todas las fotografías realizadas y contenidas en la carpeta ‘2. Proceso PhotoModeler’ que eran, recuérdese, las seleccionadas para su manipulación. La siguiente ventana que nos aparecerá, será avisándonos de que en el sistema ya está registrada la cámara y que si deseamos mantenerla, a lo que evidentemente aceptamos. Directamente, se nos mostrará la ventana para que comencemos a generar la nube de puntos gruesa (‘SmartPoints’), lo cual cancelamos.



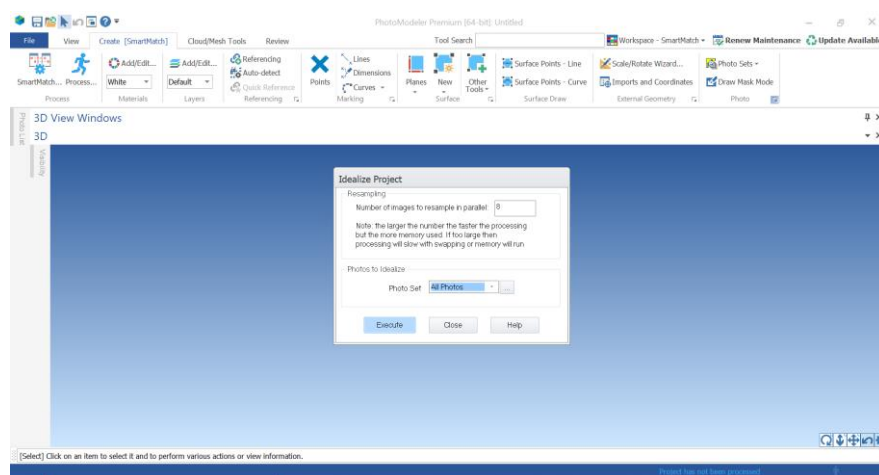
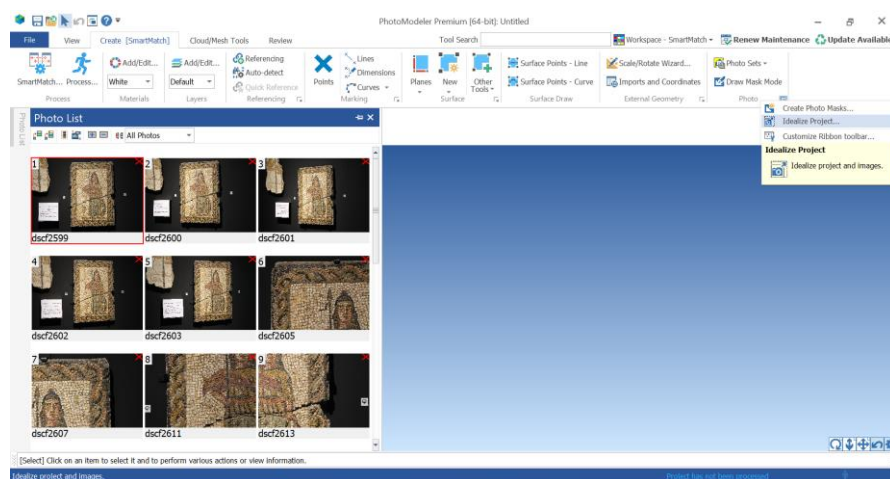
Figs. 49 y 50: Proyecto ‘SmartMatch’: detección y marcado de puntos y orientación. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 51 y 52: Proyecto ‘SmartMatch’: fotos cargadas y parámetros de Cámara Fujifilm X-T-30 detectados. Fuente: Elaboración propia.

La primera tarea, antes de crear dicha nube, sería la de idealizar las fotografías, con lo que se corrige la distorsión propia de la cámara, usando los parámetros de la misma obtenidos durante la calibración. Para la Canon no hubiera habido problemas, ya que la teníamos de antes, sin embargo, para la Fujifilm, el lector podría advertir que si hubiéramos empezado desde el principio con todas, no tendríamos dicha calibración por lo que la idealización no serviría para nada, siendo esta la razón por lo que hemos realizado esa ‘prueba de autocalibración’ inicial.

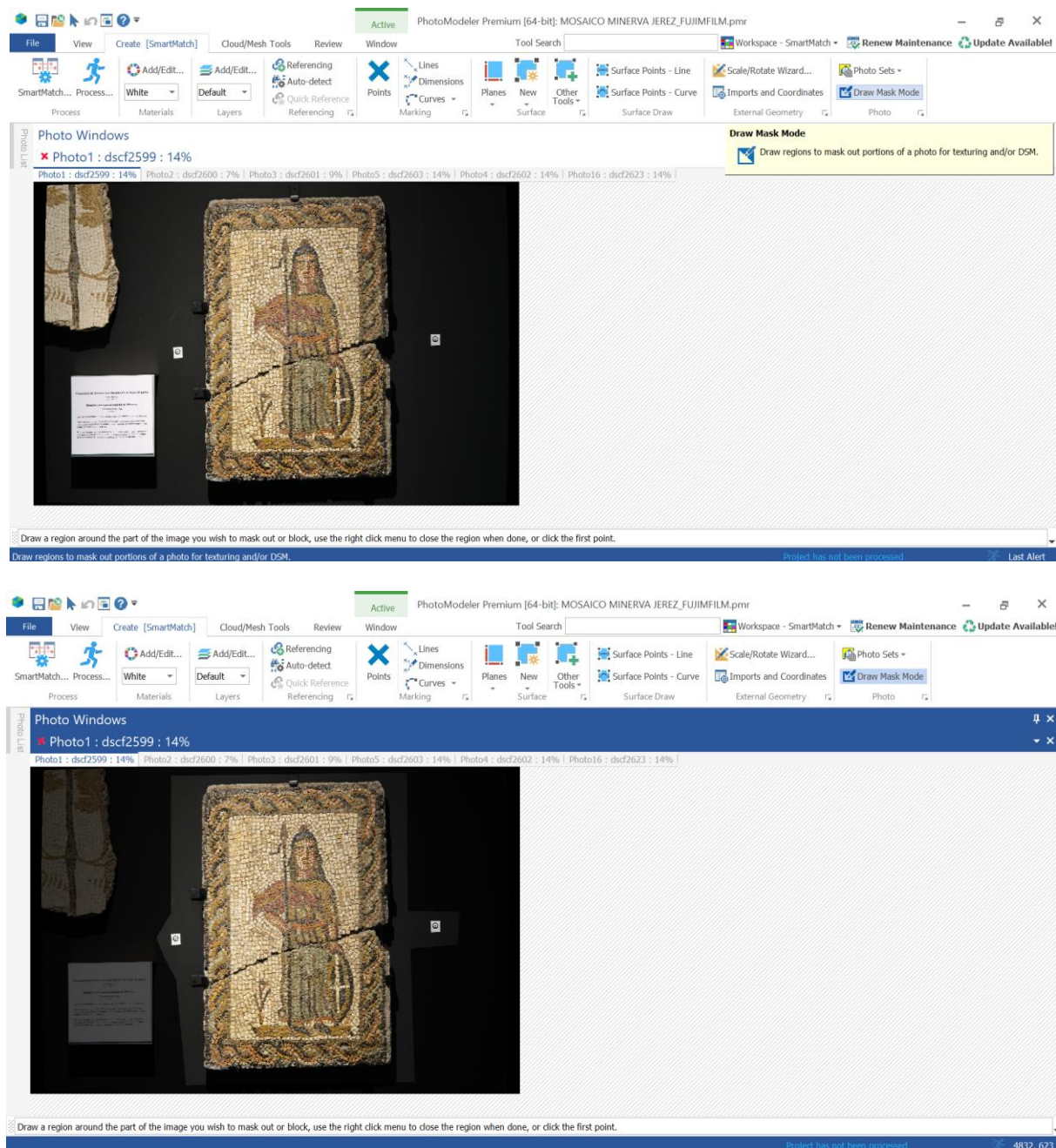
Para esta idealización, en la barra superior de ‘Create [Smartmatch]’, en el apartado de ‘Photo’, podemos elegir ‘Idealize Project’, donde indicaremos que se haga sobre ‘All photos’. Con ello ya tendríamos corregidas esas distorsiones de las que hablábamos. En la carpeta en que estamos procesando a la vez, por cada imagen se habrá creado en .jpg otra con el mismo nombre añadiendo ‘_ideal’.



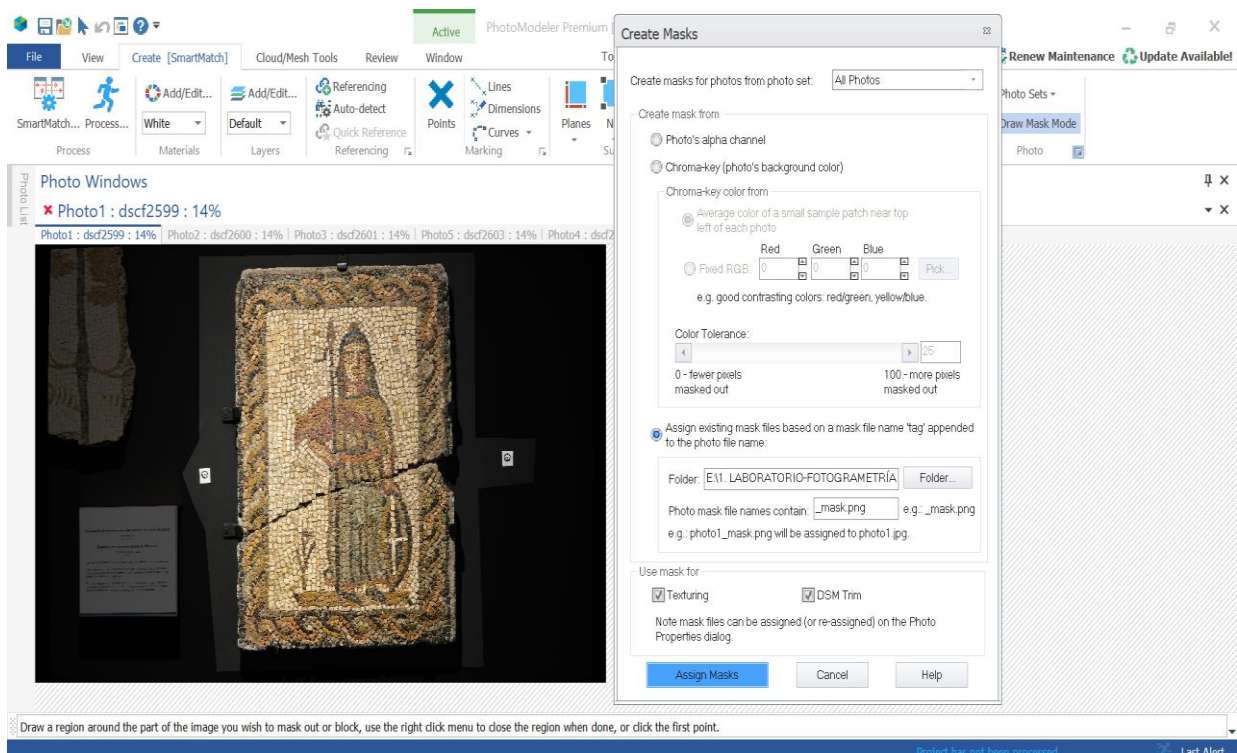
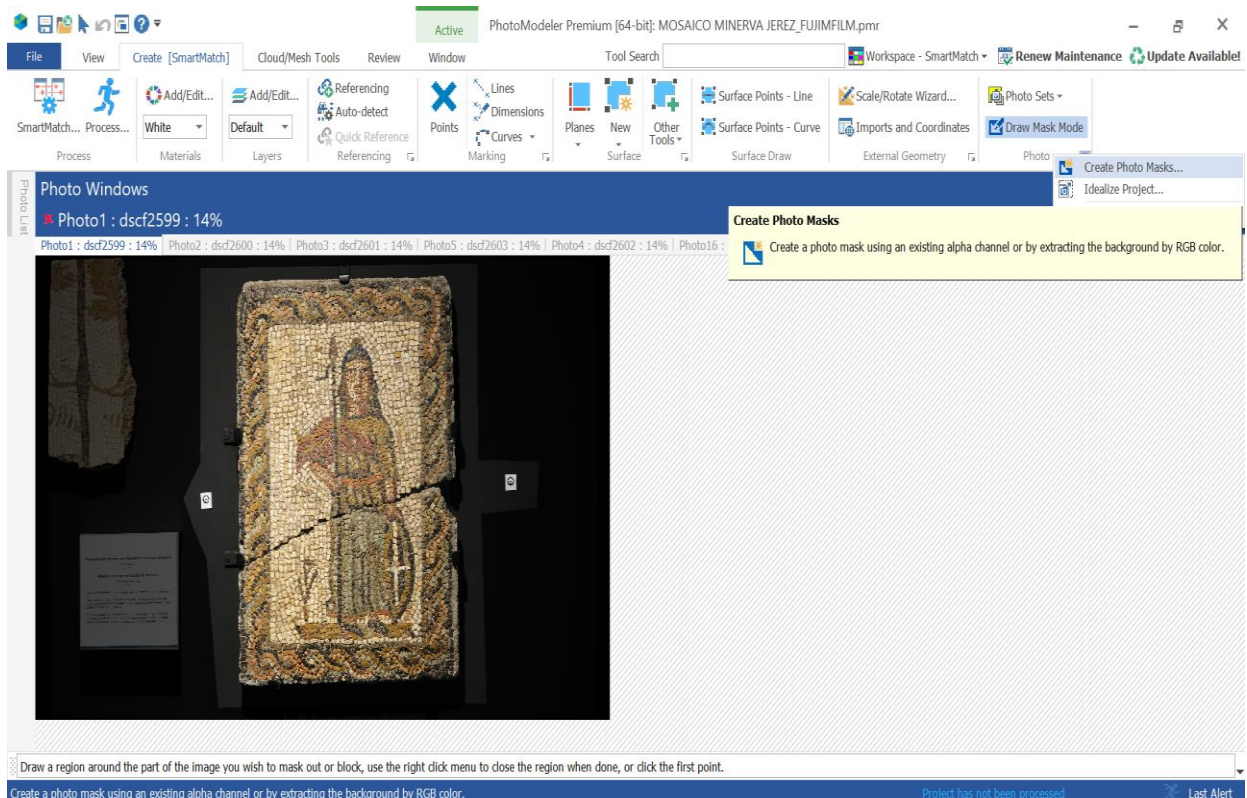
Figs. 53 y 54: Proyecto ‘SmartMatch’: idealizado de fotografías. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, en el mismo apartado en que hemos idealizado, podremos encontrar la herramienta ‘Draw Mask Mode’, que con frecuencia empleamos en las fotografías -todas o algunas de ellas- para reducir el área sobre el que queremos que el programa extraiga puntos, lo que podría considerarse un primer paso de ‘limpieza’ y ahorro de trabajo y tiempo de procesado. Dichas ‘masks’ también se guardarán en una carpeta que el programa colocará dentro de la misma en que estamos procesando, en extensión .png y añadiendo al nombre de la foto ‘_mask’. Con el objeto de que puedan ser aplicadas, en la misma pestaña y panel habríamos

de seleccionar ‘Create Photo Mask’ y en la ventana emergente escoger ‘Assign existing mask files based on a mask file name ‘tag’ appended to the photo file name’ y en ‘Use mask for’, marcar ‘Texturing’ y ‘DMS Trim’ para que se apliquen también durante la elaboración de la nube densa de puntos y texturización.



Figs. 55 y 56: Proyecto ‘SmartMatch’: dibujo de ‘máscaras’. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 57 y 58: Proyecto 'SmartMatch': creación y asignación de 'máscaras'. Fuente: Elaboración propia.

Como último recurso antes del ‘SmartMatch’, abríramos las fotos en que se visualizaran las dianas y en la misma pestaña de ‘Create [SmartMatch]’, en ‘Marking’ habremos de hacer la ‘Automatic Target Marking’ en todo el set de imágenes ‘Photos from set: All Photos’, en que de manera automática se marcarán las dianas. Si alguna estuviera tan difusa que el *software* no la detectara, podríamos hacerlo manualmente, eligiendo ‘Target’ y extendiendo un recuadro sobre el área de la diana identificándose el centro solo. Sobre el símbolo que aparecería en ellas, haríamos clic con el botón secundario y en ‘properties’, en ‘ID number’ veríamos el mismo número que aparece en la diana física, aunque si quisiéramos cambiárselo a D2 y D3, como es nuestro caso tan solo habría que escribirlo en ‘Name’. Importante es también que el apartado ‘Use in processing’ esté activado.

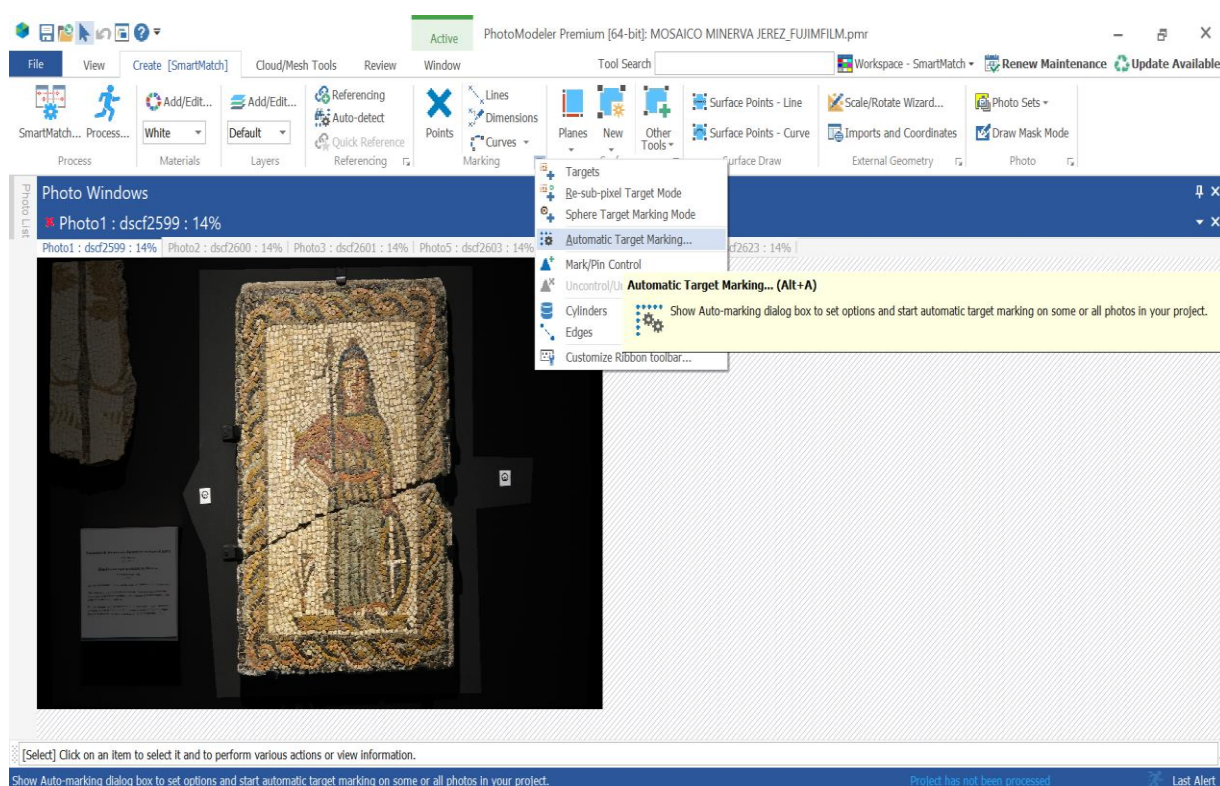
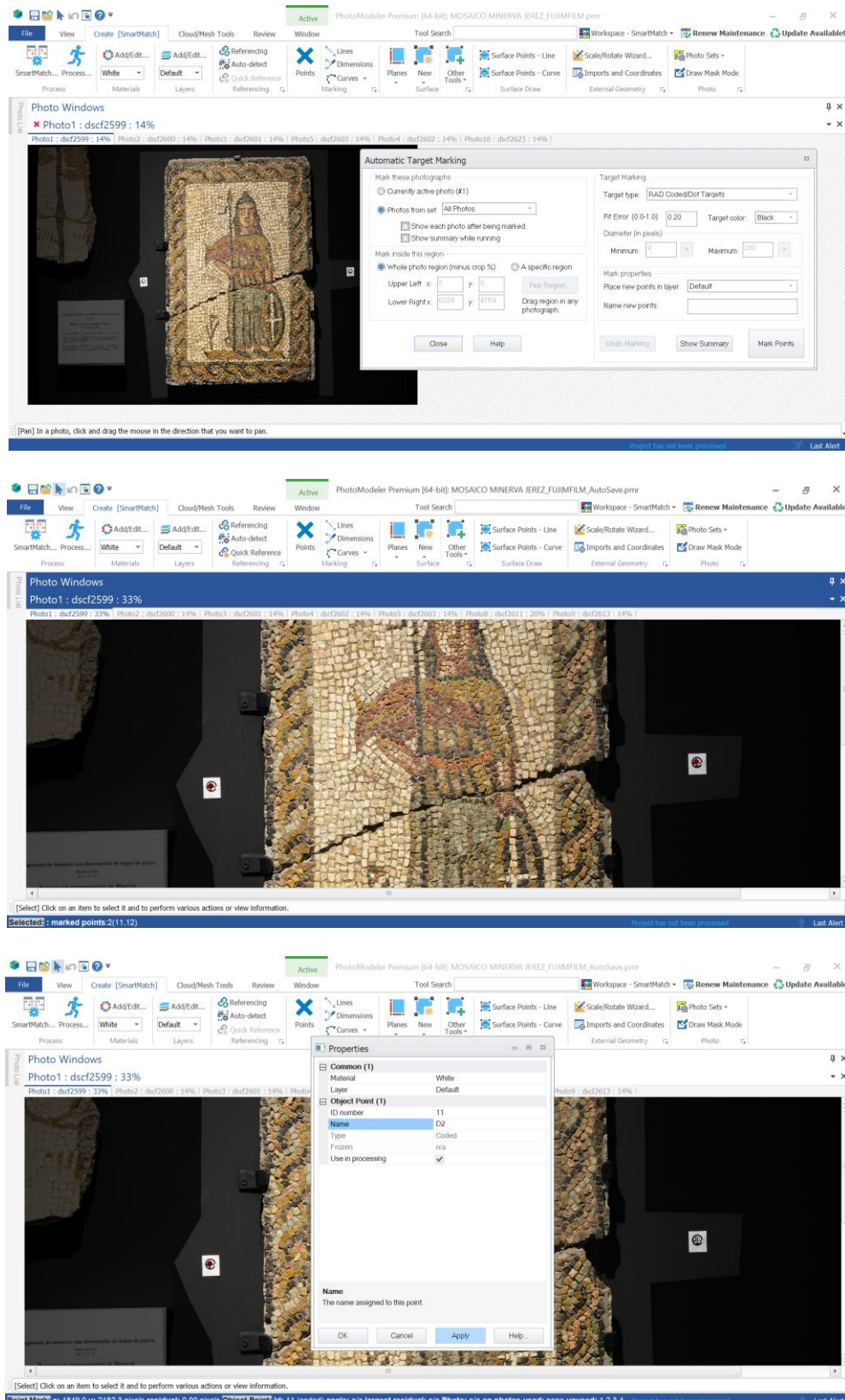


Fig. 59: Proyecto ‘SmartMatch’: detección automática de dianas. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 60, 61 y 62: Proyecto 'SmartMatch': detección automática de dianas, nombre y uso en el proceso. Fuente: Elaboración propia.

Aunque no es aconsejable, hemos de decir que en la pestaña ‘View’, en ‘Panor’, existe una herramienta llamada ‘Enhance’ para mejorar el nivel de contraste/brillo/gamma de cualquiera de nuestras imágenes.

Concluidas estas actividades, podríamos comenzar a producir la nube gruesa de puntos. Para ello, en el apartado de ‘Create [SmartMatch]’, en ‘Process’, elegimos ‘SmartMatch’, y en la ventana que nos aparece, abrimos las opciones. En ‘Feature Detection and Marking’, los únicos valores que cambiaremos a los que vienen por defecto serán los de ‘Point density’ a ‘Extra High’ y ‘Good Overlap Count’ que bajaremos hasta 0 ó 2, con la intención de que genere la mayor cantidad de puntos posibles sin poner problemas por el solape entre fotos; y, seleccionaremos ‘Use masks’, para que el programa se centre en el perímetro previamente fijado en cada foto. Dentro de ‘Processing’, conviene tener seleccionado ‘All photos’ en ‘Photos to Orient’ e ‘If uncalibrated’ en ‘Auto-calibration’. Aplicado esto, podemos empezar: ‘Run’. Solo quedaría esperar a que terminara de procesar, lo que dependiendo del volumen de fotos y la capacidad del PC, podría ir desde minutos a horas.

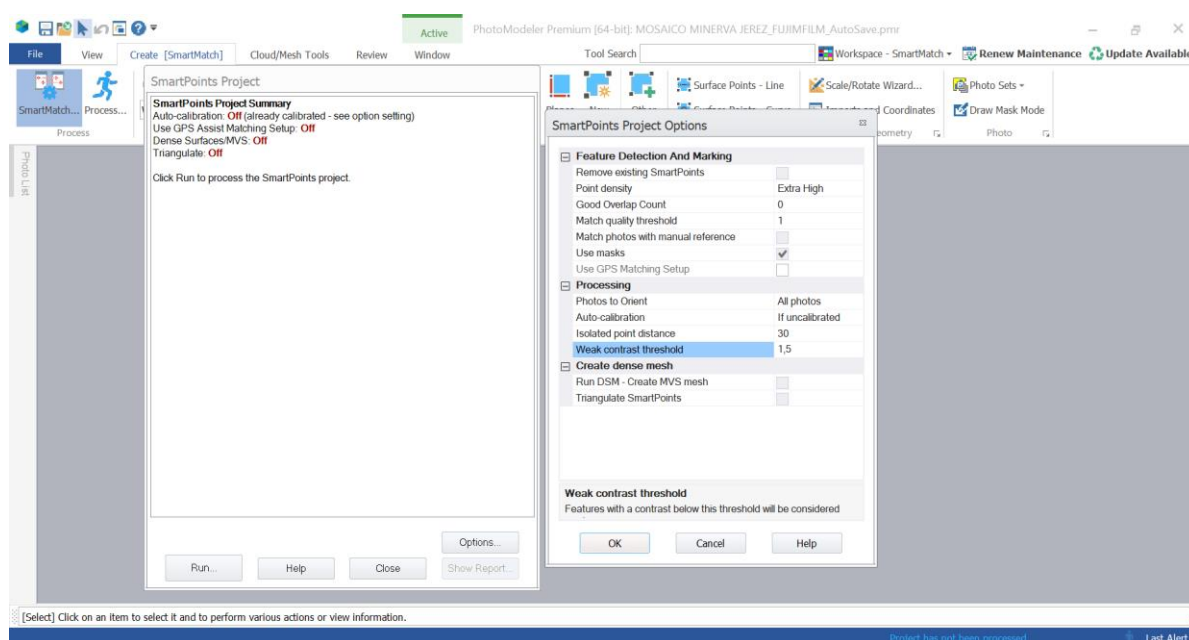


Fig. 63: Proyecto ‘SmartMatch’: creación de nube de puntos gruesa. Fuente: Elaboración propia.

Finalizada la creación de la nube, podríamos abrir el ‘Show Report’ en que nos mostraría cuántos puntos se han localizado por imagen y cuántos han sido usados, además de los que hay en común entre unas fotos y otras. Si dentro de esta ventana, abrimos a su vez el ‘Processing Report’, el mismo programa nos advertiría de los problemas y sugerencias para mejorar, y del ‘Max. Residual’ -también en la barra inferior a la derecha- que debe estar siempre por debajo de 5.

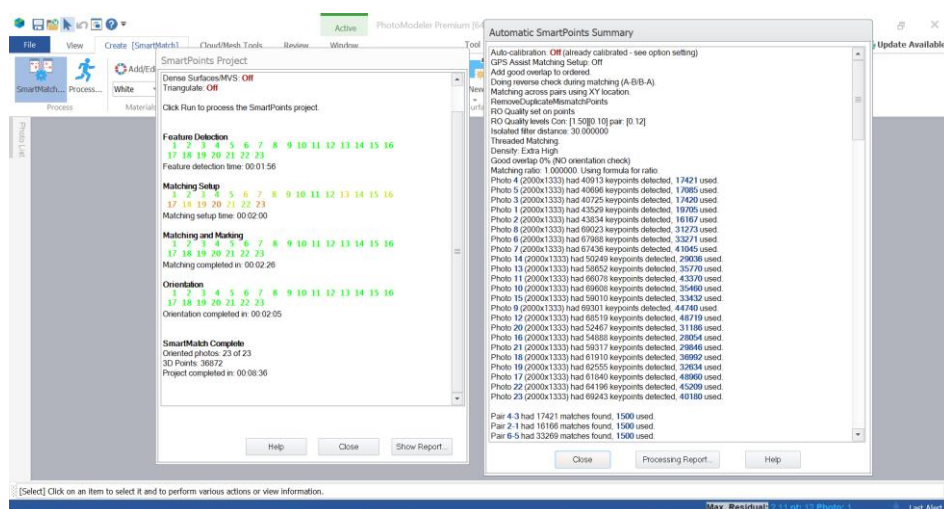


Fig. 64: Proyecto ‘SmartMatch’: creación de nube de puntos gruesa finalizado. Fuente: Elaboración propia.

Para poder visualizar la primera nube de puntos, hemos de acceder a la pestaña de ‘View’ y seleccionar ‘Show’. Con la ventana que aparece, podremos afinarla utilizando la herramienta ‘Region Select’ en ‘Selection’, encuadrando los puntos que no nos sirven y pulsando la tecla ‘Suprimir/Supr’, para limpiarla.

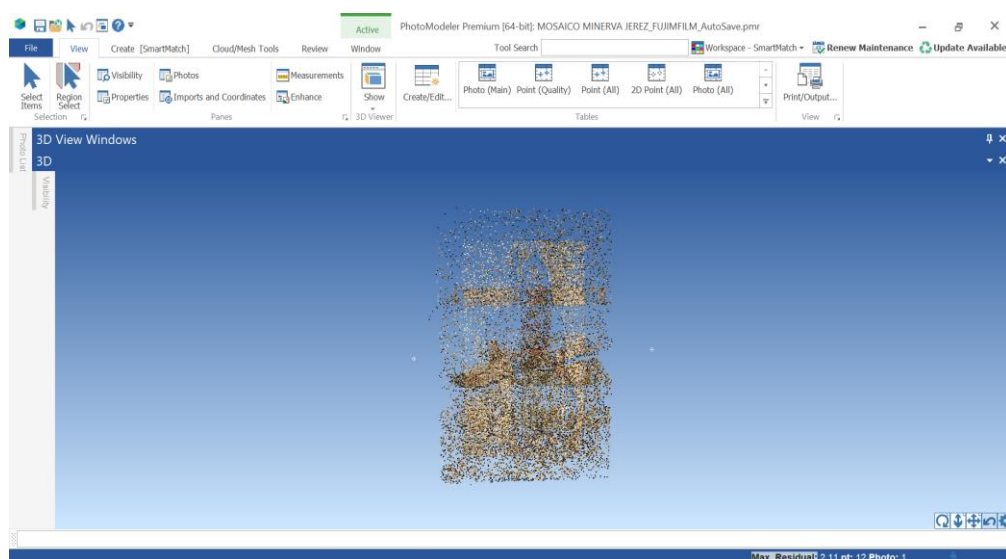


Fig. 65: Proyecto ‘SmartMatch’: vista de la nube de puntos gruesa. Fuente: Elaboración propia.

4. Inclusión de puntos de control.

Para que nuestro modelo tridimensional pueda arrojar datos métricos, habremos de incluir unos ‘puntos de control’ que vienen a ser aquellos que tomamos como medidas en el museo. Nuestro *software* nos da dos posibilidades, bien importar unas coordenadas -cosa que hubiéramos hecho de habernos servido del GPS y la estación total-, o sobre las propias fotografías marcar manualmente la escala, los ejes X, Y, Z y el punto 0, 0, 0.

Esta función requiere que al menos abramos dos fotografías en que se encuentren los puntos homólogos que vamos a marcar. Preferiblemente serán aquellas tomadas de forma más paralela o de frente, con la intención de que la distorsión no nos juegue una mala pasada.

En ‘Create [SmartMatch]’ y en ‘Marking’, con la herramienta ‘Lines’, en la primera foto elegida, extenderíamos una línea que iría siempre desde abajo hacia arriba o desde la izquierda a la derecha y que se correspondería con la altura/anchura que tomáramos en el museo con el calibre o el metro. Para nuestro ejemplo solo marcaremos el ancho y largo total del mosaico, y la altura de las teselas 1 -punta de lanza-, 2 -ojo a la izquierda- y 5 -extremo de la hoja en la derecha de la flor-, con la intención de verificar con posterioridad en las teselas 3 y 4 cuál es el margen de error. Cabe recordar, que para tener un punto 0, 0, 0, aquel desde el que parta la línea que determine la anchura y altura debe ser el mismo, situado en la esquina inferior izquierda.

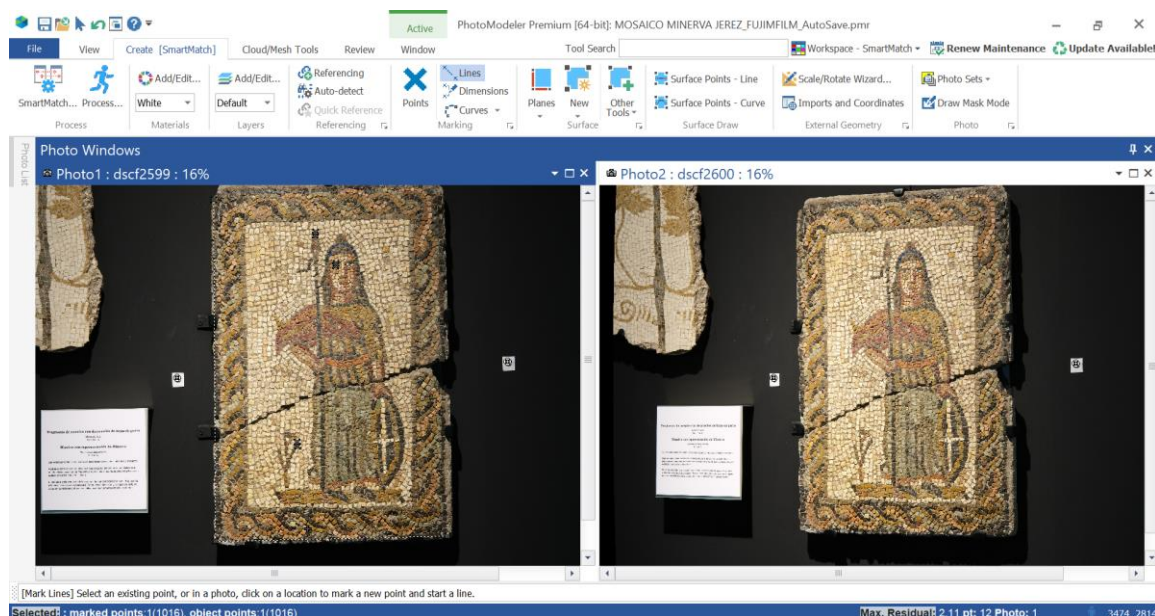


Fig. 66: Inclusión de líneas en la primera fotografía. Fuente: Elaboración propia.

Una vez hechas las líneas pertinentes, en la misma pestaña pero en ‘Referencing’, aprovechando que ya el programa durante el proceso de ‘SmartMatch’ nos ha orientado las fotos, haríamos clic en ‘Referencing’, y seleccionando los puntos marcados en la primera imagen y llevando el cursor a la segunda foto escogida, elucidaremos cómo PhotoModeler nos indica con una recta y en un panel, dónde deberían caer sus homólogos.

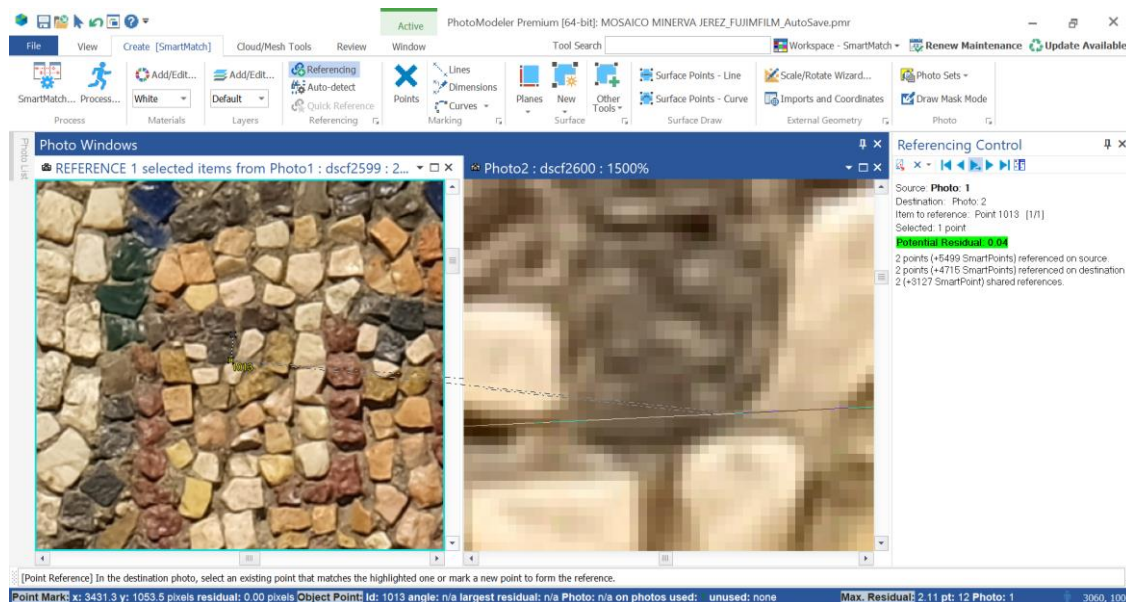


Fig. 67: Ejemplo del referenciado de puntos entre fotografías. Fuente: Elaboración propia.

Al terminar la labor, dentro de la misma pestaña, iríamos al apartado ‘External Geometry’ y a la herramienta ‘Imports and Coordinates’, donde seleccionaríamos ‘Define the coordinate system’, ‘using scale, rotation and translation’ y ‘entered manually later’. Sobre el panel que nos sale elegiríamos primero ‘Scale’ y ‘New’ e introduciríamos las distancias que nos servirán de escala, por ejemplo, la anchura total del mosaico (43.08 cm) y la unidad de medida, centímetros. Aceptada la pantalla, clicaríamos sobre la línea correspondiente marcada en la foto y pulsaríamos ‘Assign’. Para introducir las otras tres restantes seguiríamos el mismo procedimiento con ‘New’ y solo cambiando la unidad de medida a milímetros en el caso de las teselas.

En ‘Rotate’ simplemente tendríamos que decirle al programa cuáles son nuestros ejes X e Y, de la misma manera que en el anterior paso: clicando sobre la línea primero y luego sobre el eje correspondiente. Aquí es de verdadera relevancia lo que comentábamos sobre hacer las líneas de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, de tal manera que coincidan con las axiales.

Ulteriormente, en ‘Translate’, estableceríamos el punto 0, 0, 0, para lo que marcaríamos la cruceta de donde parten los ejes X e Y asignándolo.

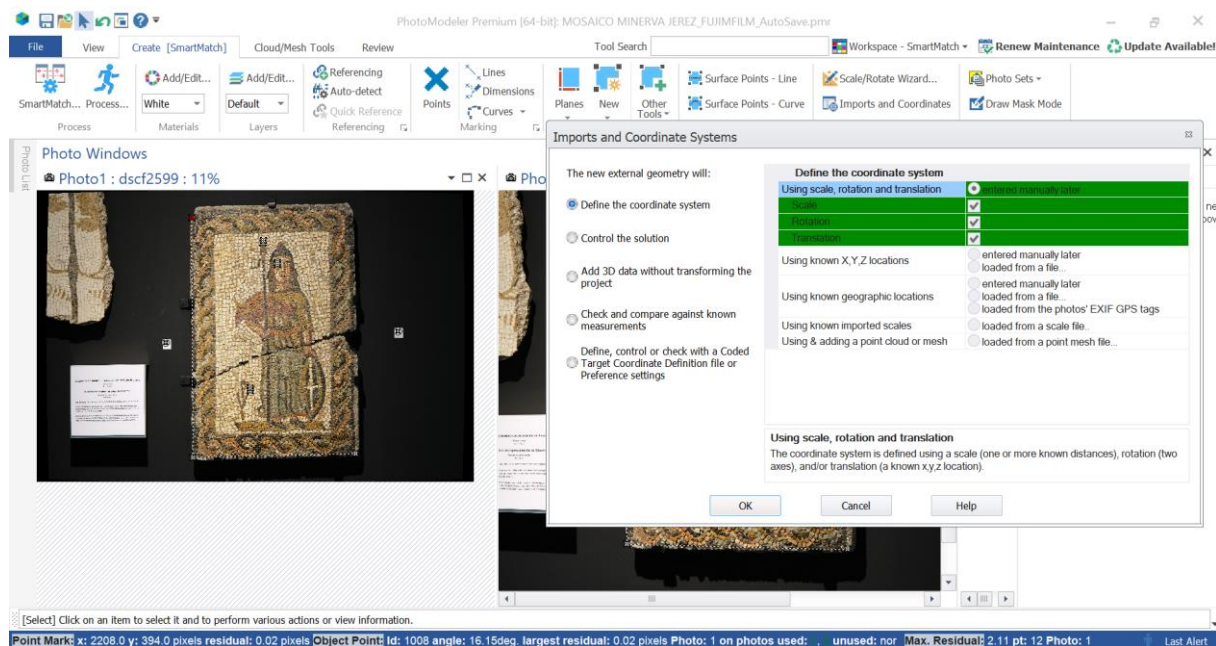


Fig. 68: Definición de coordenadas manual. Fuente: Elaboración propia.

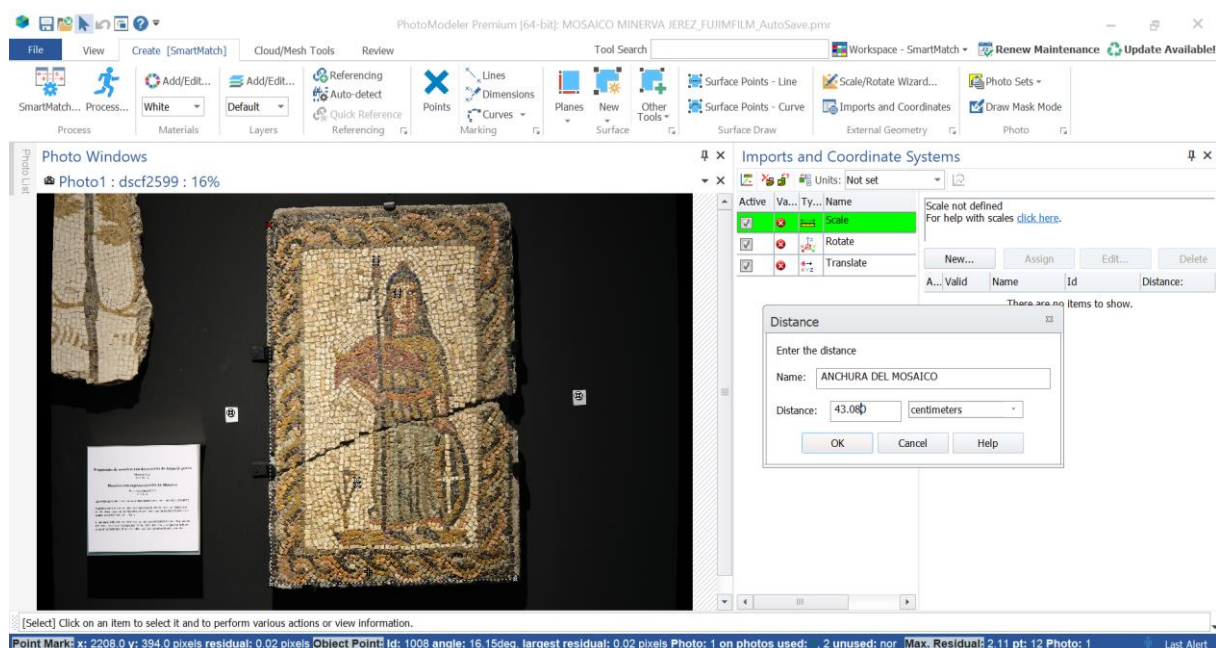


Fig. 69: Ejemplo de introducción de una escala. Fuente: Elaboración propia.

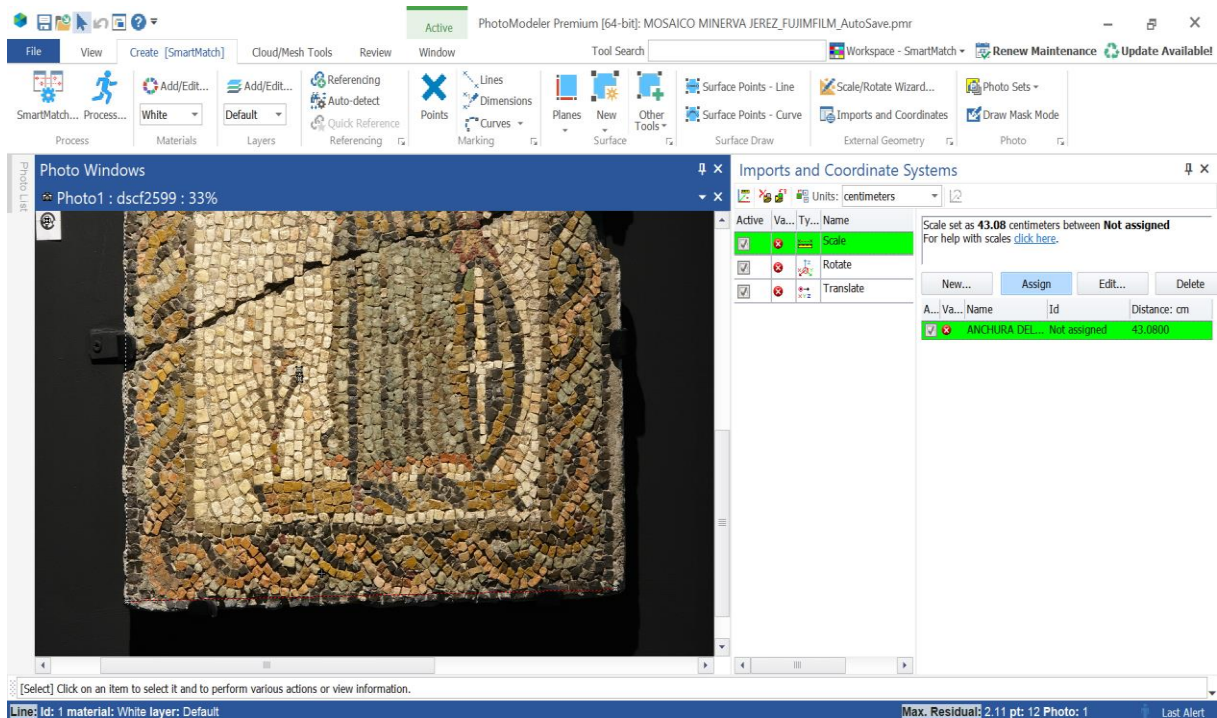


Fig. 70: Ejemplo de definición de la escala a través de líneas marcadas. Fuente: Elaboración propia.

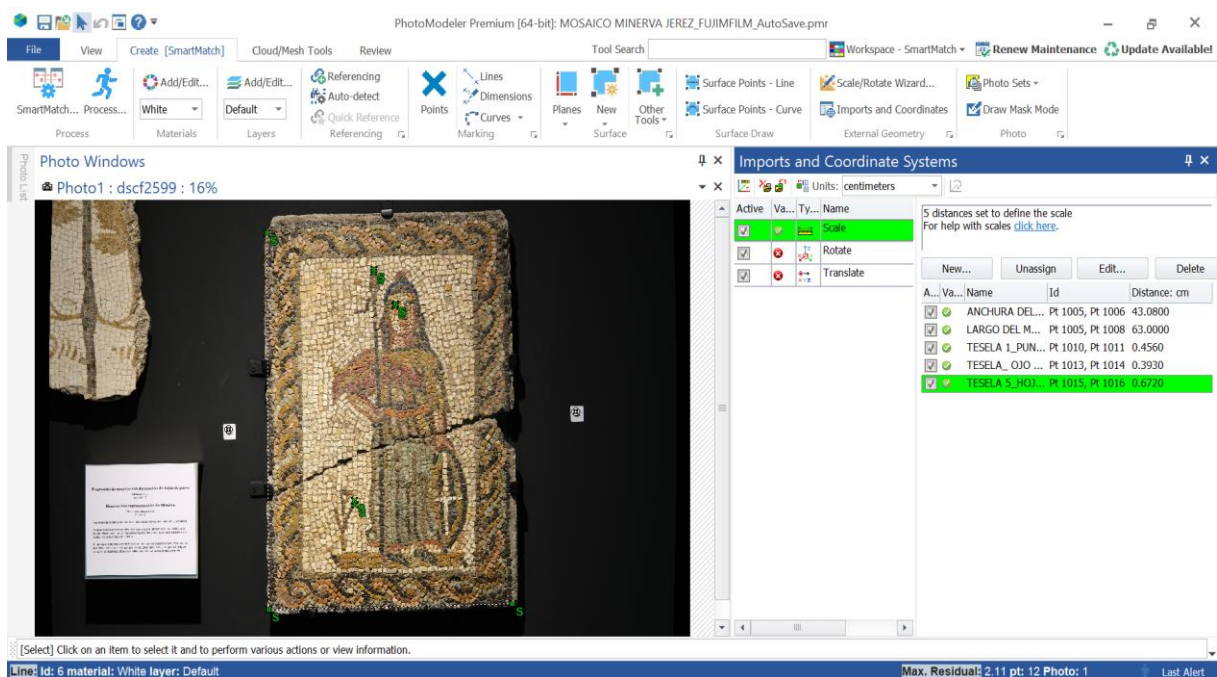


Fig. 71: Escala al completo. Fuente: Elaboración propia.

INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN EL ESTUDIO DE LA MUSIVARIA ROMANA.

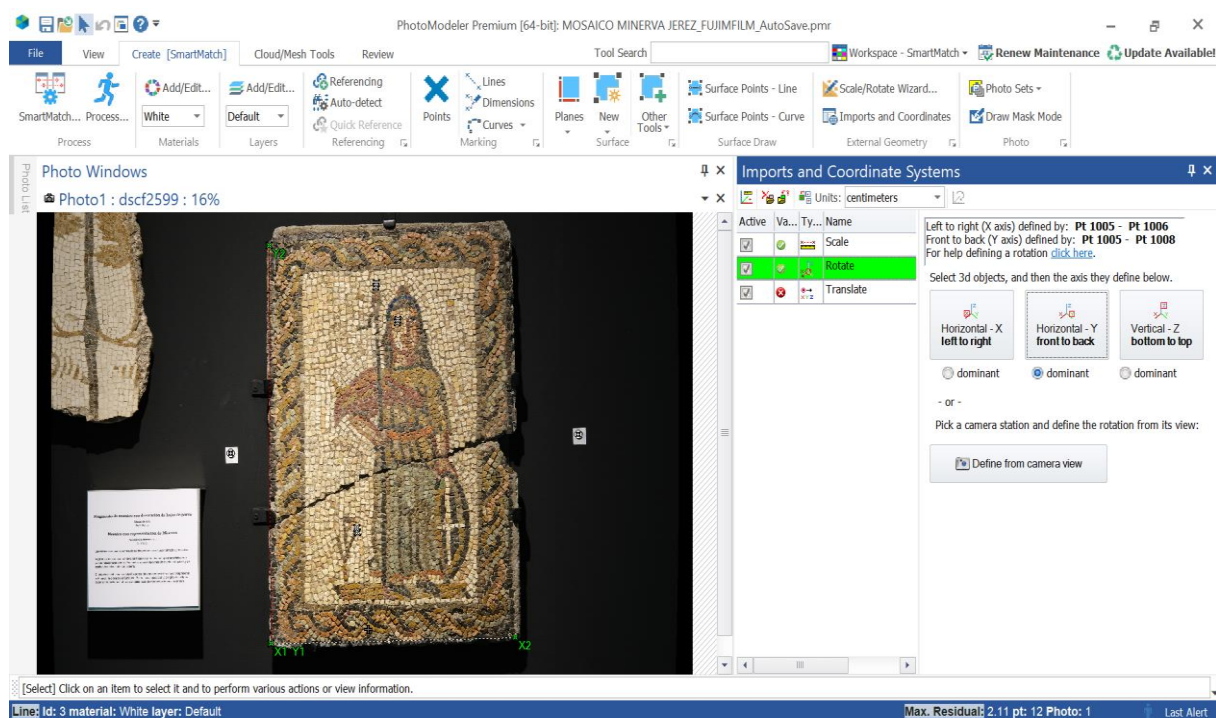


Fig. 72: Definición de ejes X e Y. Fuente: Elaboración propia.

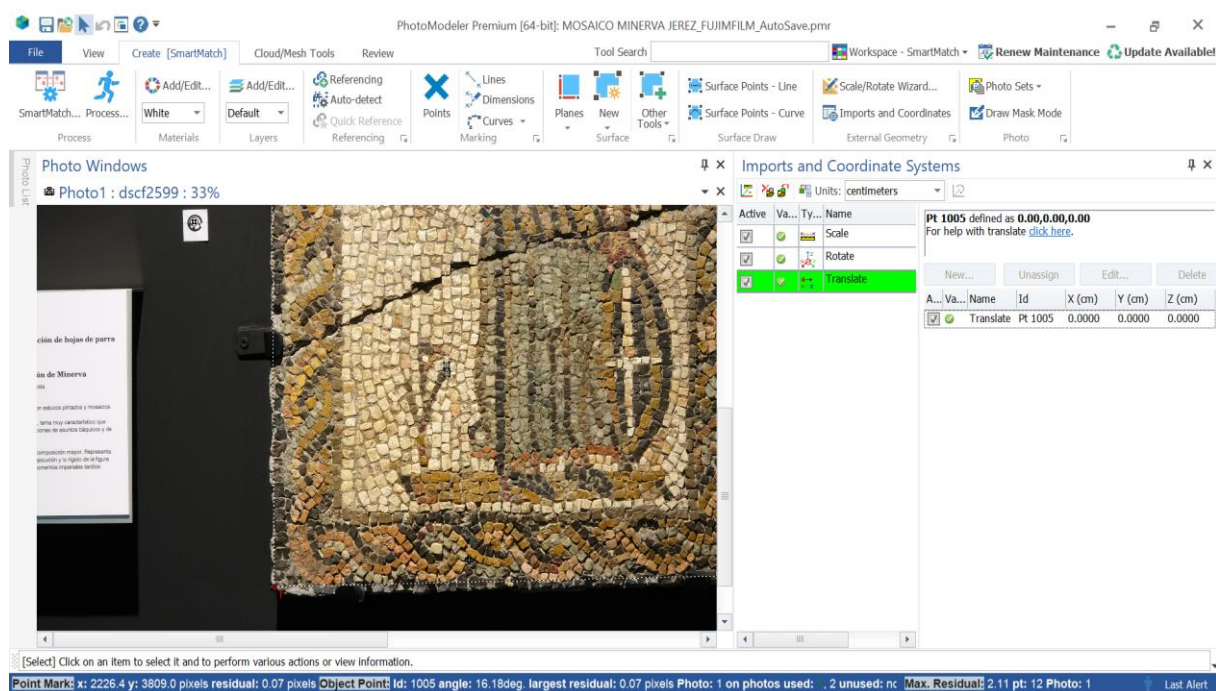


Fig. 73: Definición del punto 0, 0, 0. Fuente: Elaboración propia.

Definido nuestro sistema de coordenadas y medidas, habría que hacer ‘Process’, justo en el apartado donde hicimos ‘SmartMatch’, para que se recalculara de nuevo nuestro proyecto de manera que el ‘Max. Residual’ seguramente incremente, dado que hemos metido puntos manualmente y ‘a ojo’.

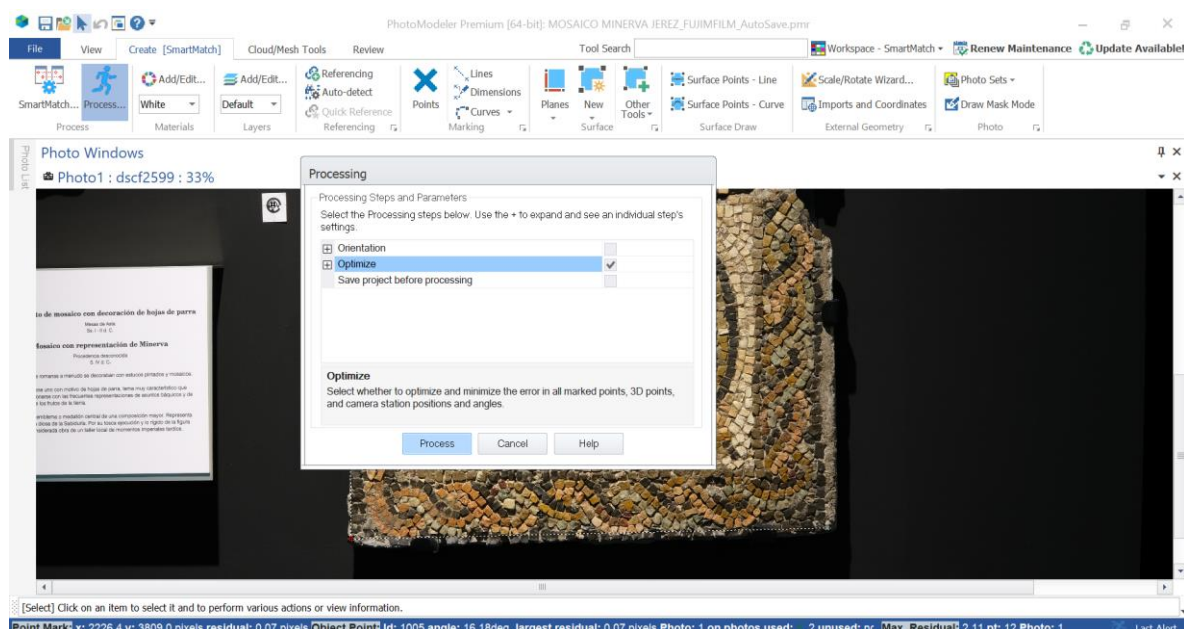


Fig. 74: ‘Process’. Fuente: Elaboración propia.

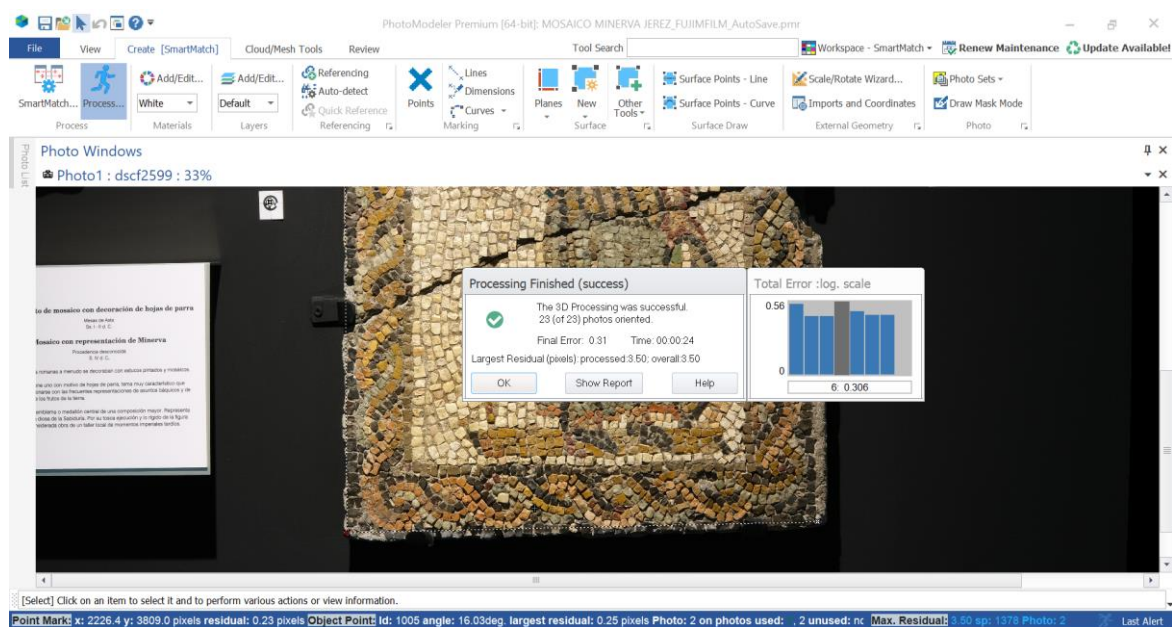


Fig. 75: ‘Process’: incremento del residual a de 2.11 a 3.50. Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar el error de nuestro modelo, ahora sí, tendríamos que acudir a la pestaña de ‘View’ y en ‘Panels’ con la herramienta ‘Measurements’ seleccionar las líneas de las teselas 3 y 4. En el panel que se genera veríamos en el valor ‘Distance’, la medida que el programa ha calculado según los puntos proporcionados. En este modelo concreto el error es inferior a la media décima de milímetro como veremos más tarde en el apartado de resultados.

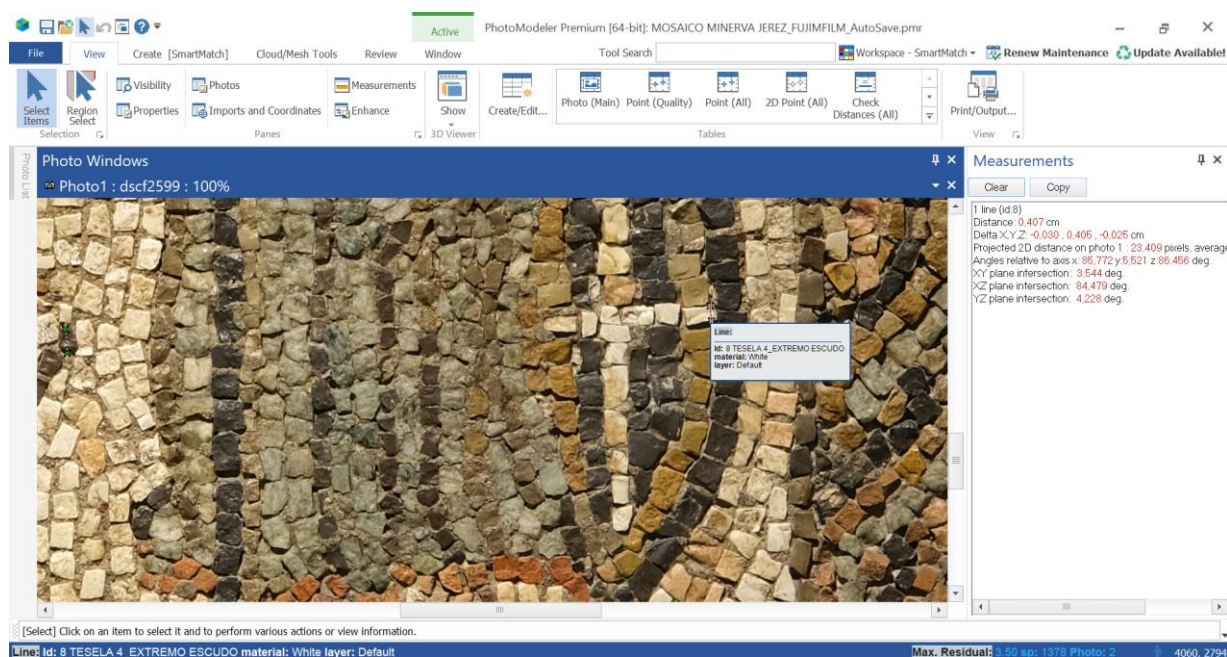


Fig. 76: Comprobación de medidas en ‘Tesela 4 Extremo Escudo’, con un error de 37 décimas de milímetro.
Fuente: Elaboración propia.

5. ‘Dense Point Cloud’ (DPC), triangulación, malla y texturización.

Recuérdese que la última nube de puntos que hicimos fue la gruesa, y que al elegir nuestro tipo de proyecto justificamos que no podíamos directamente generar la ‘Dense Point Cloud’, la triangulación, malla y texturización por la capacidad de nuestro ordenador, por lo que entre otras cosas -aparte de los pasos previos que había que dar- decidimos dividir en dos etapas la creación de nuestro modelo.

Por defecto, la nube gruesa suele guardarla el *software* en una capa o ‘Layer’ que llama ‘Default’. Particularmente, nosotros preferimos que la nube de puntos densa se haga sobre una capa distinta, para lo que simplemente hemos de acudir a la pestaña de ‘Create [SmartMatch]’ y en el panel de ‘Layers’ clicar sobre ‘Add/Edit’ en que una ventana nueva se abrirá dándonos la opción de añadir ‘Add’, donde asignaremos un nombre a nuestra nueva capa. Por lo general, y cuando la nube es hecha en un solo paso con todas las fotos, hacemos una única capa a la que llamamos ‘DPC’. Sin embargo, si diéramos con el caso de que existiera una gran cantidad de fotografías, podemos hacer varias capas para procesar grupos de imágenes de manera independiente sin que nuestro PC aborte el proyecto por sobrecarga, para ello es primordial la estructuración y la identificación: a dichas ‘layers’ las denominaríamos con un número que indicaría el orden en su proceso y el número de imágenes que abarca, un ejemplo de ello sería ‘1DPC_IMAGEN 1-3’ y ‘2DPC_IMAGEN 4-6’. Tras ello, en el panel de fotografías, seleccionaríamos las que no vamos a utilizar y clicando con el botón secundario en ‘Photo Processing Action’ y marcaríamos ‘Do not use in processing’.

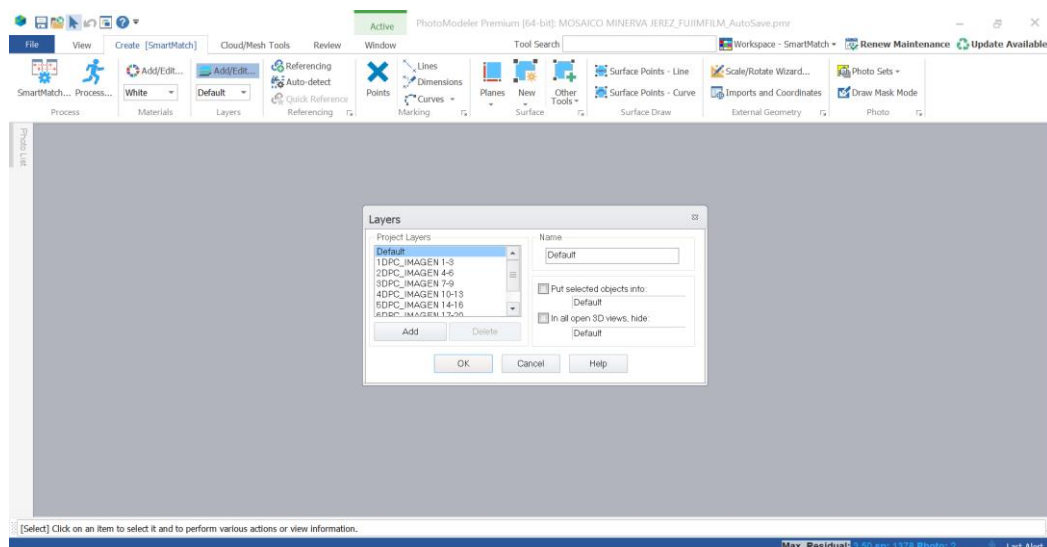
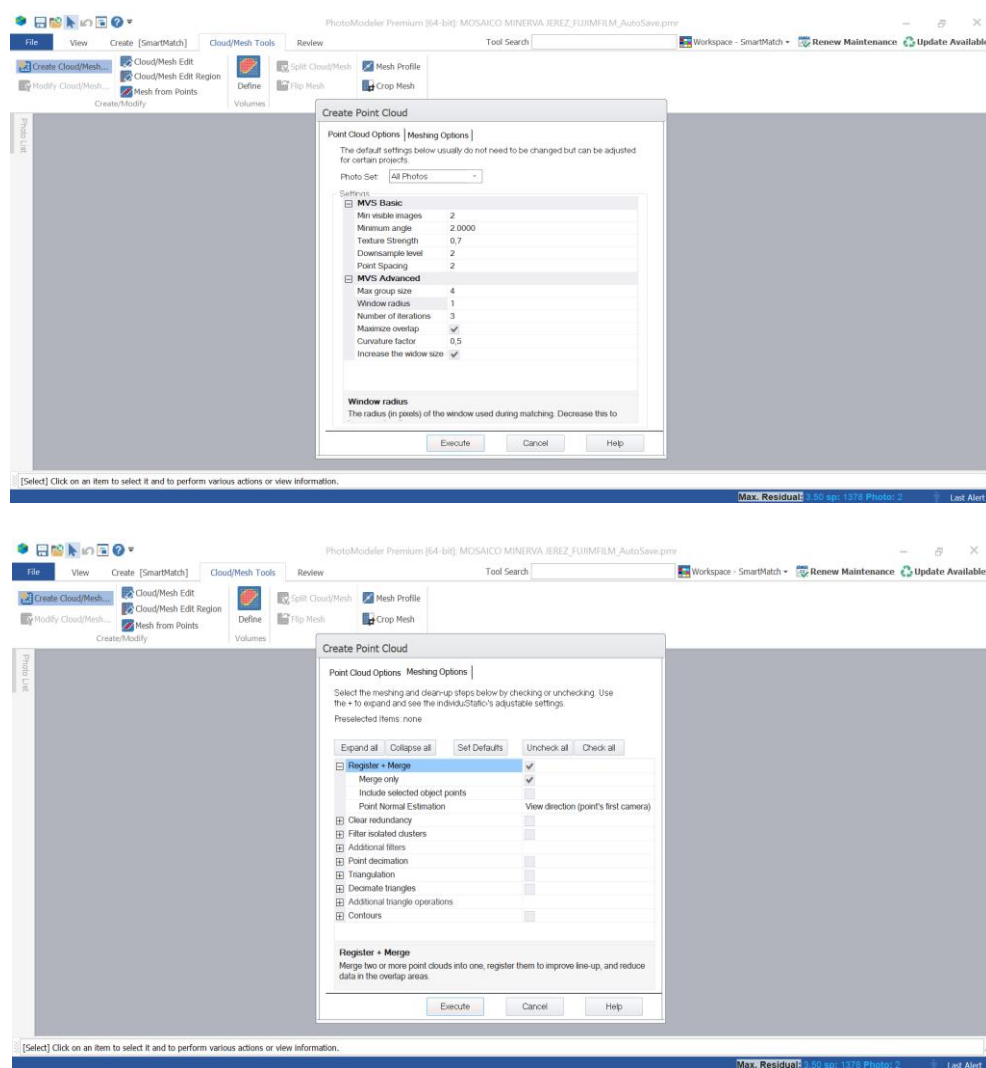


Fig. 77: Creación de ‘layer’ para la ‘Dense Point Cloud’. Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto fundamental, sería el de tener la capa deseada seleccionada en el desplegable bajo la herramienta ‘Add/Edit’. Cerciorándonos de que estamos en la ‘layer’ correcta, cambiamos de pestaña e iríamos a la de ‘Cloud/Mesh Tools’ y en el panel ‘Create/Modify’, seleccionaríamos ‘Create Cloud/Mesh’. Sobre la ventana que nos sale, en la pestaña de ‘Point Cloud Options’ los parámetros interesantes a modificar son: en ‘MVS Basic’, el ‘Min visible images’, pues si lo aumentamos menos serán las imágenes y puntos utilizados; en ‘Minimum angle’, también ocurriría lo mismo, que desearía las fotografías que no tuvieran ese mínimo de ángulo. En ‘MVS Advanced’, dependiendo de la memoria RAM de nuestro ordenador el ‘Max group size’ deberíamos bajarlo o subirlo, para nosotros incrementándolo, el proceso es mucho más lento al comparar todas las fotos de una misma vez, mientras que bajándolo lo hace infinitamente más rápido; en ‘Window radius’, podemos hacer que la nube de puntos sea más densa, para lo que disminuiríamos el número. El resto de herramientas que se nos ofrece podemos dejarlas por defecto.



Figs. 78 y 79: Parámetros para la ‘Dense Point Cloud’. Fuente: Elaboración propia.

En la segunda de las pestañas ‘Meshing Options’ es donde tendremos que trabajar hasta en tres ocasiones, como decimos para evitar que el PC frustre el proyecto. En primer lugar habríamos de producir la nube densa de puntos, para lo que desplegaríamos la opción de ‘Register +Merge’ y aparte de esta misma opción marcaríamos el subapartado de ‘Merge only’ y en ‘Point Normal Estimation’, ‘View direction (point’s first camera)’ que es la opción que mejor se adapta a la toma convergente de fotografías. Una vez ejecutada la acción, en la herramienta ‘Show’ y la ventana que genera, si en su pestaña de ‘Visibility’ habilitamos la ‘Layer’ correspondiente y la ‘Point Clouds’ en el apartado de ‘Meshes’, podremos observar la nube densa al fin, en la que con solo las tres primeras fotos ya sale al completo el mosaico con 209.124 puntos. La bajada del ‘Máx. Res.’ en esta pantalla se debe a que solo tenemos habilitadas esas tres fotos.

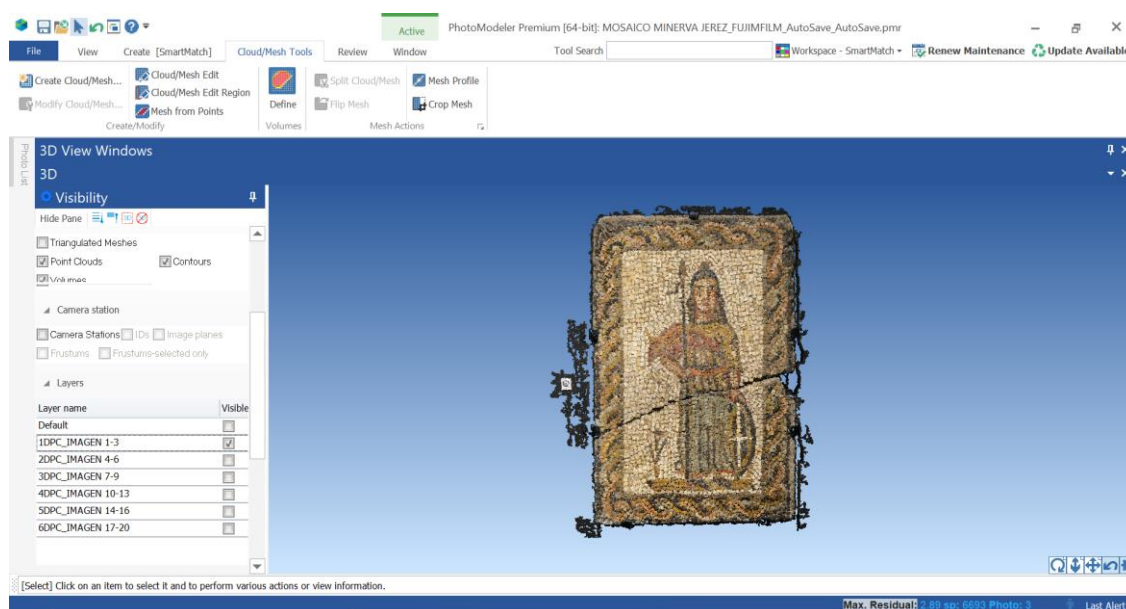
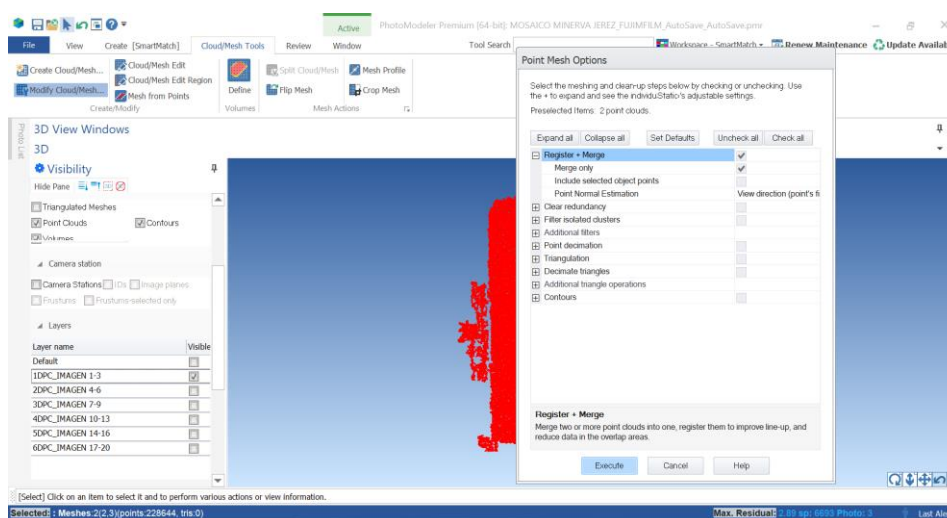
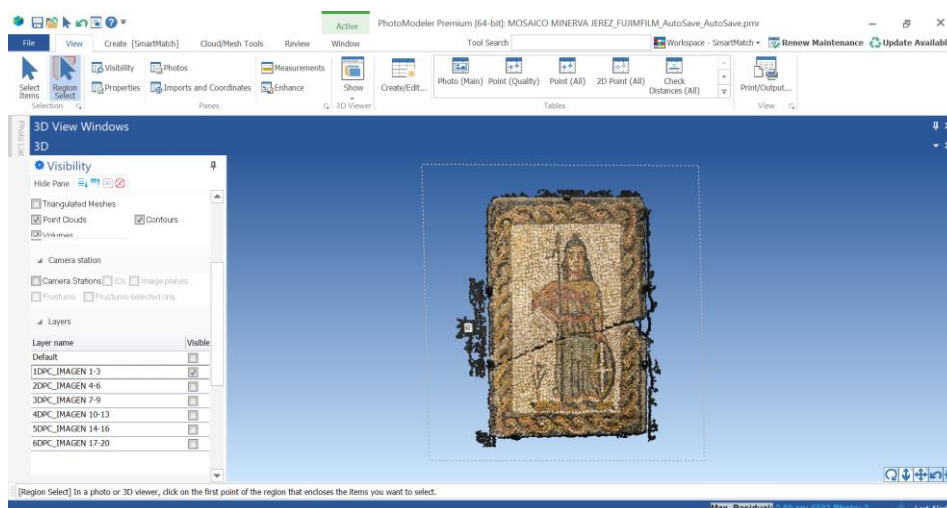
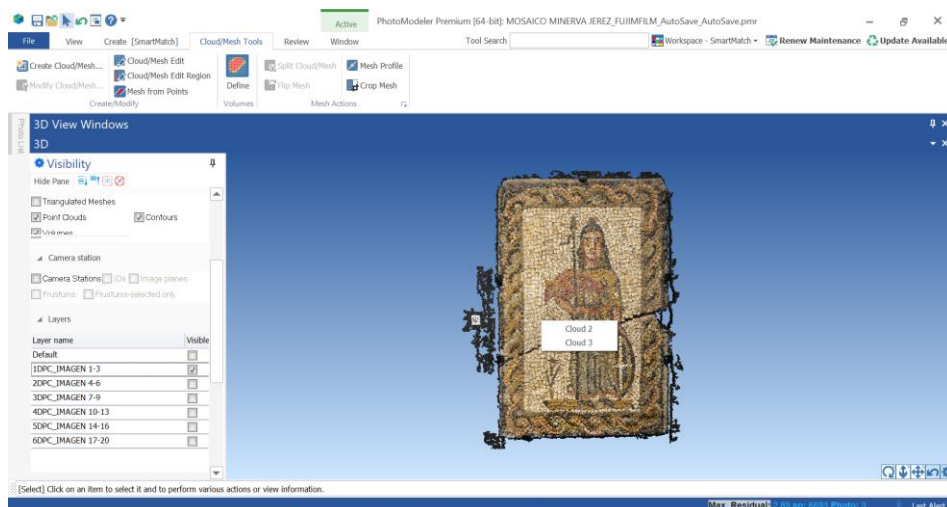


Fig. 80: ‘Dense Point Cloud’. Fuente: Elaboración propia.

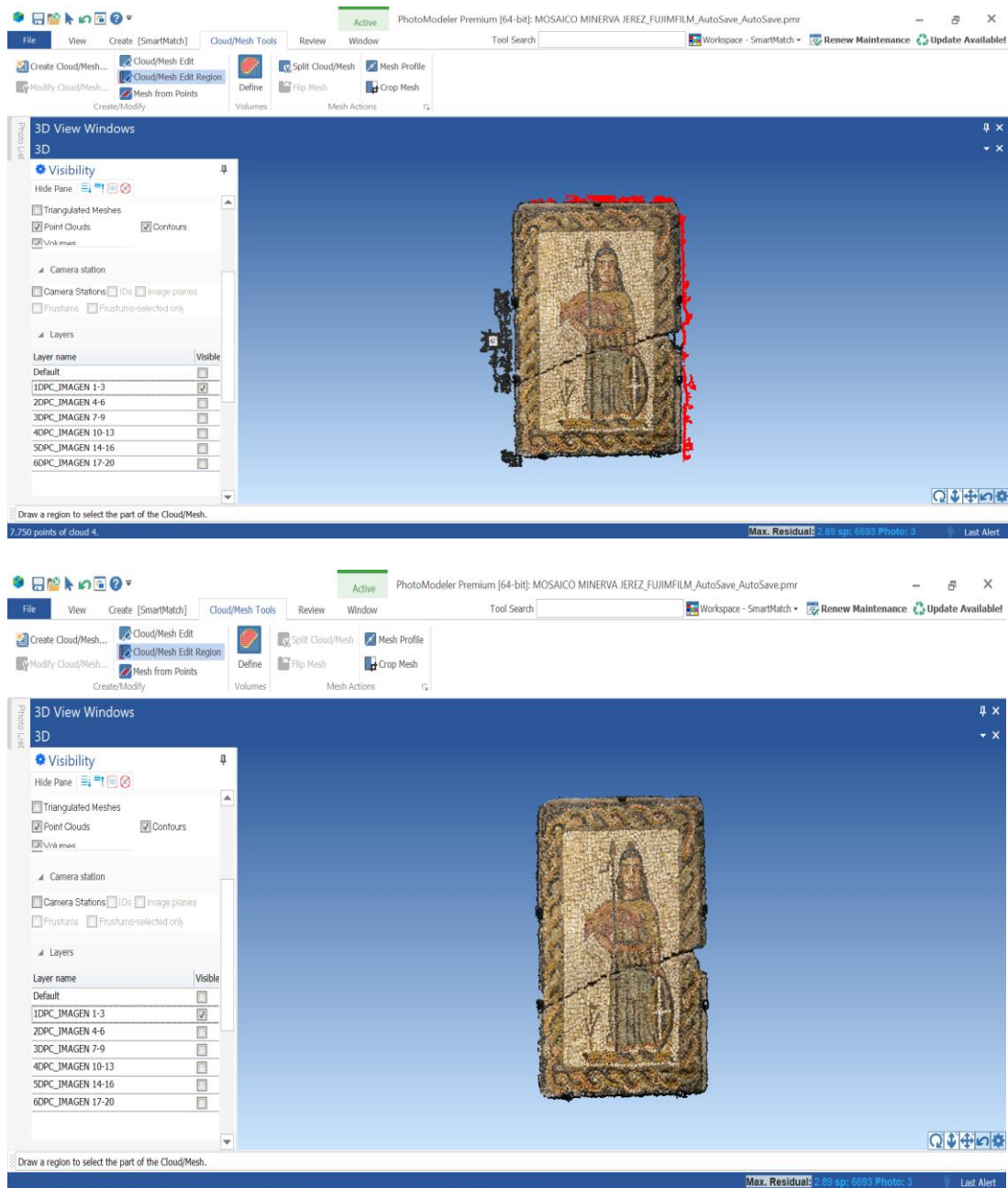
Sobre la propia nube, si clicamos, nos saldrán varias, por lo que habremos de unir las en una sola, para lo que nuevamente haremos un ‘Register+Merge’ tan solo marcando este primer apartado. Previamente, en la pestaña ‘View’, habremos escogido en ‘Selection’ la herramienta ‘Region Select’ y formado un recuadro que enmarque y deje en su interior todos los puntos generados en la capa en que hemos trabajado. Realizado esto, se nos habilitará la herramienta ‘Modify Cloud Mesh’, donde mismo hicimos el primer proceso de creación de nube de puntos densa, en ella nos aparecerán las mismas opciones y únicamente tendríamos que hacer lo indicado al principio de este párrafo. Cuando finalice, seguirán apareciéndonos varias nubes,

solo habremos de borrar las anteriores con un clic y pulsando la tecla ‘Suprimir/Supr’ quedándonos con la última en que todo esté unido.



Figs. 81, 82 y 83: Unión de las diferentes nubes de la ‘Dense Point Cloud’. Fuente: Elaboración propia.

Seguramente, antes de proceder a la triangulación, mallado y texturización, tengamos que limpiar nuestra nube. Con tal objetivo, en ‘Cloud/Mesh Tools’, en el panel de ‘Create/Modify’, se nos proporciona la herramienta ‘Cloud/Mesh Edit Region’ con la que delimitando las áreas pertinentes y pulsando la tecla ‘Suprimir/Supr’, podríamos refinarla.



Figs. 84 y 85: Limpieza de la ‘Dense Point Cloud’. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo ya solo una nube, la seleccionaríamos y también en ‘Modify Cloud/Mesh’ seleccionaríamos los parámetros que den lugar a la triangulación y mallado, que sería el de ‘Triangulation’. Si desplegamos por completo dicha opción, podríamos modificar en ‘Crop Type’, ‘Trim’ y ‘Mesh smoothing/sharpness’, cuyos niveles se refieren respectivamente a la

paliación de ‘holes’ o agujeros en la malla, y a la producción de una mayor suavidad o rugosidad en ella.

Adicionalmente, podríamos optar por la reducción porcentual de triángulos en ‘Decimate triangles’, sin afectar ello a la forma del objeto, así como evitar la aparición de ‘bumps’ o pequeñas esferas formadas por puntos sueltos, y ‘holes’ o agujeros, esto último en el desplegable de ‘Additional triangle operations’.

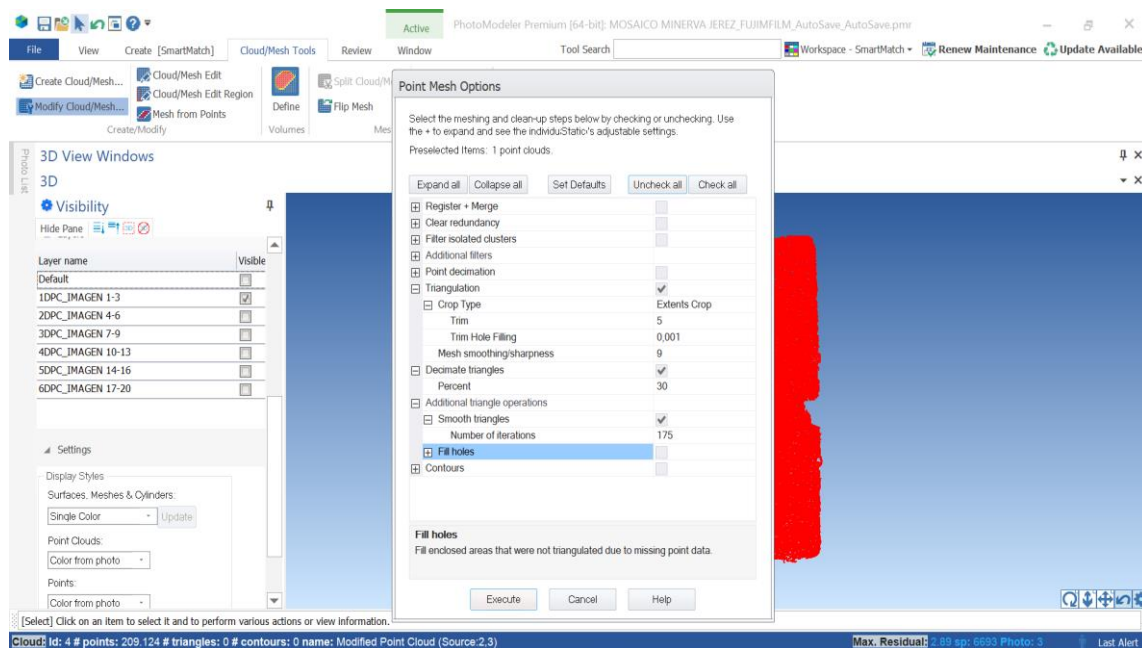


Fig. 86: Parámetros para la triangulación y creación de la malla. Fuente: Elaboración propia.

Ejecutado y concluido el proceso de triangulación el mismo *software* nos preguntará si queremos generar directamente las texturas, lo que podremos hacer en el mismo momento o dejarlo para más tarde y descargarlas desde el ‘Visibility’ de la ‘3D View windows’, en ‘Settings’, ‘Surfaces, Meshes & Cylinders’ y ‘Update’. De cualquiera de las maneras, en esta ventana 3D, y en ‘Visibility’, es donde habremos de acudir en caso de necesitar pulir y afinar la malla. En ‘Settings’, ‘Surfaces, Meshes & Cylinders’, al desplegar tenemos la opción de ‘Dots’ -puntos- o ‘Wire frame’ -la malla de triángulos-, una vía fácil con la que, mediante ‘Cloud/Mesh Edit Region’, eliminar lo que a nuestro juicio sobre.

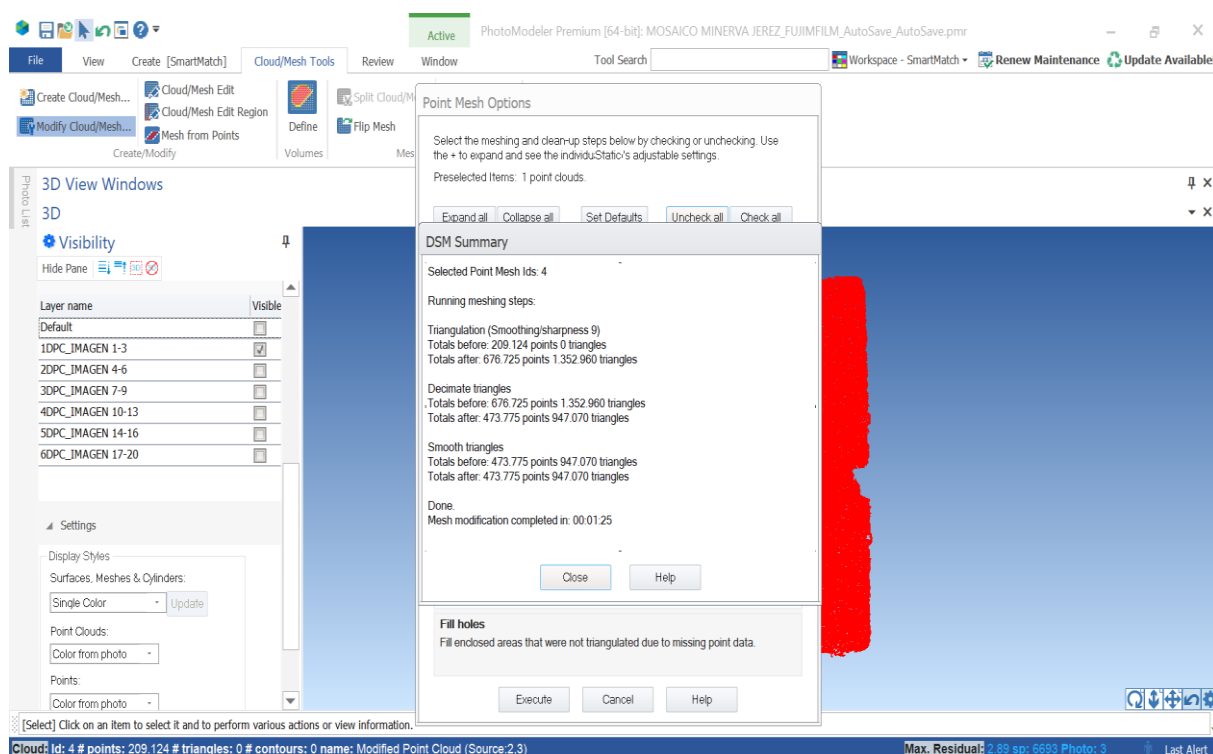


Fig. 87: Reporte del proceso de triangulación. Fuente: Elaboración propia.

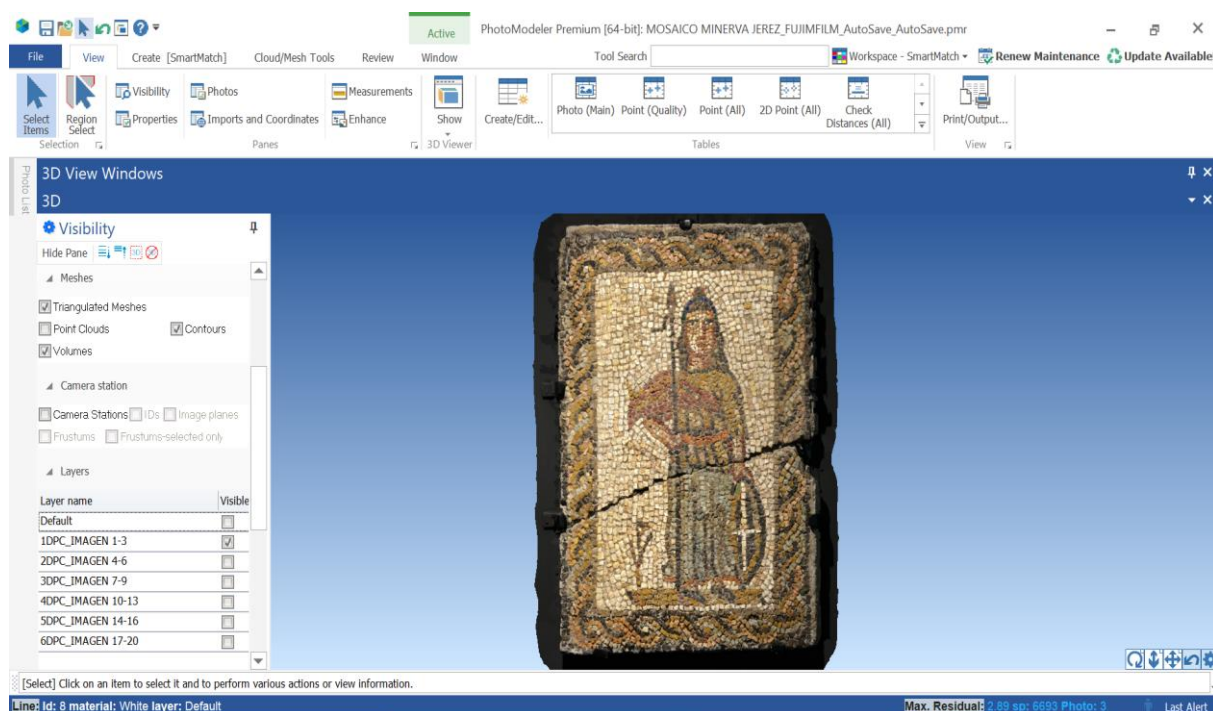


Fig. 88: Texturización. Fuente: Elaboración propia.

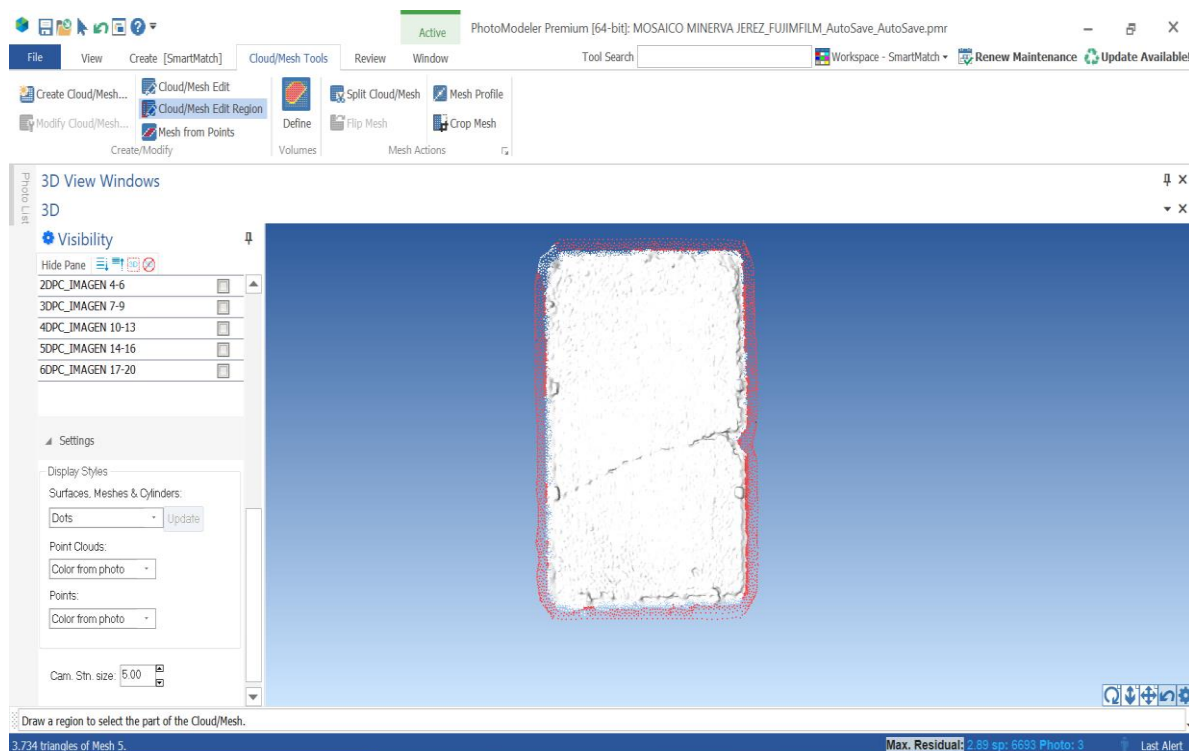


Fig. 89: Limpieza de la malla mediante su visión en ‘Dots’. Fuente: Elaboración propia.

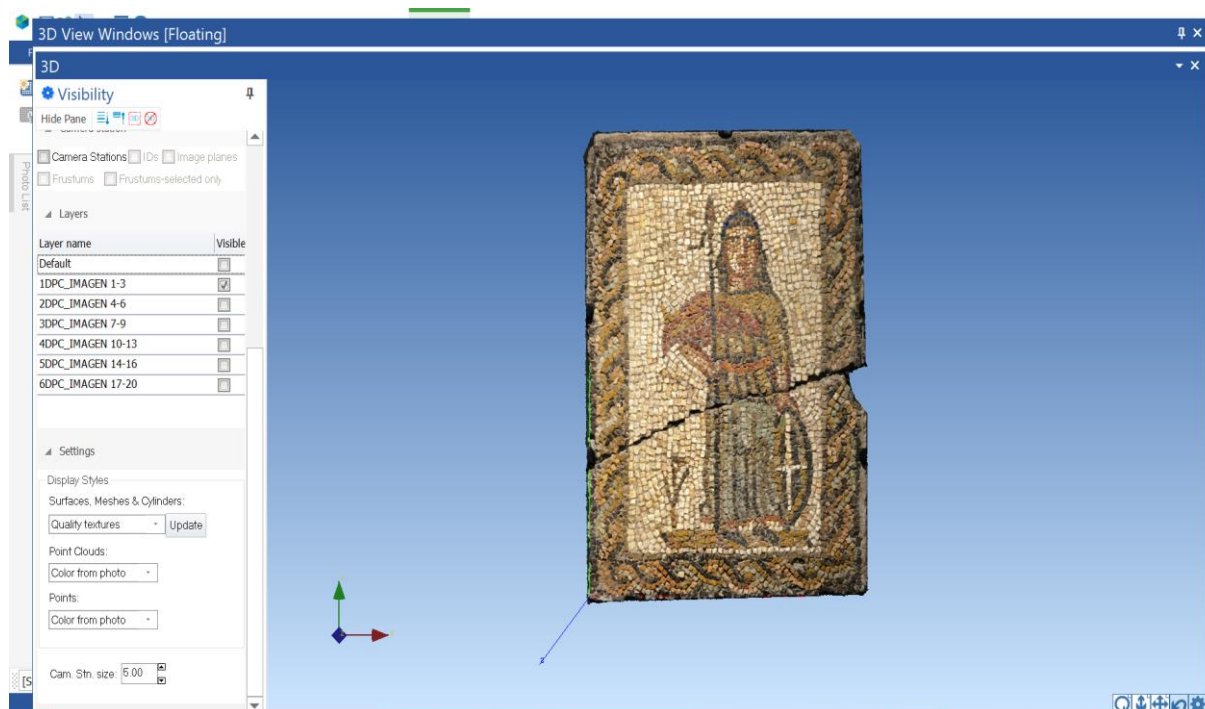


Fig. 90: Vista final del mosaico con texturización y limpieza. Fuente: Elaboración propia.

6. Exportar.

Acabado nuestro proyecto, no tendríamos más que exportar los resultados desde ‘File’, ‘Export’, y elegir cómo lo queremos hacer y sobre qué capa. Para la evaluación de este proyecto, hemos resuelto hacerlo de dos maneras que facilite al tribunal su acceso: una primera, que sería mediante la ortofoto, lo que generará un archivo .tiff que se puede abrir fácilmente desde cualquier dispositivo y en que constará la escala; y una segunda, en que se podrá contemplar y manipular virtualmente nuestro mosaico, en extensión .obj, a través del *software* libre MeshLab⁶⁸. Todo ello será incluido en una carpeta comprimida ‘Fotogrametría TFM’, en que habrá a su vez dos subcarpetas, una con el modelo 3D y ortofoto (‘1. Fotogrametría’) y otra con las fotografías que se hicieron durante la toma de medidas con el calibre. Se podrán descargar desde Google Drive en el enlace que sigue: <https://drive.google.com/file/d/1tdgYPZofDtVVAcqSoDeHbkLZjoFO1tKE/view?usp=sharing>

⁶⁸ Para su descarga acúdase al link que sigue: <https://www.meshlab.net/#download> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

6.1.3. RESULTADOS.

El propósito de este apartado es, mediante unas tablas de elaboración propia (1 y 2) en que se consideran diversos aspectos en relación a la toma de fotografías, el proceso en *software* y los resultados finales, hacer saber al lector lo que conlleva el trabajo de la fotogrametría al completo.

FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE.			
1. TRABAJO DE CAMPO.	VARIABLES.	CANON EOS 350D.	FUJIFILM X-T30.
	TIPO DE CÁMARA:	Sensor APS-C de 22'2mm x 14'8mm. Cámara réflex con espejo.	Sensor APS-C, X-Trans CMOS 4 (23'5 x15'6mm). <i>Mirrorless</i>
	PARÁMETROS DE LA CÁMARA EN LA CAPTURA:	ISO: 100. Punto f/: f/5.6. Tiempo de exposición: 1/3s. Distancia focal: 55mm.	ISO: 160. Punto f/: f/11. Tiempo de exposición: 1/2s. Distancia focal: 35mm.
	TIEMPO DE TRABAJO:	1h 45 min.	45 min.
	NIVEL DE CONOCIMIENTOS PARA TOMA LA TOMA:	Avanzado.	Avanzado.
	NÚMERO DE PERSONAS PARA LA CAPTURA:	1.	1.
	NÚMERO DE PERSONAS DE AYUDA:	1-2 (máx.).	1-2 (máx.).
	COSTE MATERIAL:	Medio.	Alto.
	CONTROL DE CONDICIONES INFLUYENTES:	Bajo.	Medio.
	MEGAPÍXELES POR IMAGEN:	3456x2304.	6240x4160.
	RESOLUCIÓN DE LA CÁMARA:	8MP.	26MP.
	MANIPULABILIDAD DE PARÁMETROS DE LA CÁMARA:	Alto.	Alto.

Tabla 1: Comparación del trabajo en campo con la Canon EOS 350D y la Fujifilm X-T30. Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE.			
2. SOFTWARE Y RESULTADOS.	VARIABLES.	SOFTWARE PHOTOMODELER PREMIUM (VERSIÓN 2020.1.1.2562) CON NUESTRO PC.	
	TIEMPO DE TRABAJO SEGÚN FOTOGRAFÍAS TOMADAS EN CALIDAD EXTRA HIGH:	=6	3h
		=20	4h 30 min
		>50	6h 45 min
		>100	13h
		>200	21h
	NIVEL DE CONOCIMIENTOS PARA SU MANEJO:	Medio-Alto.	
	COSTE MATERIAL:	Medio.	
	MANIPULABILIDAD DE PARÁMETROS:	Muy Alto.	
	SENCILLEZ EN LA INTERFAZ:	Media-Alto.	
	MÁX. ERROR OBTENIDO EN MILÍMETROS EN NUESTRO MODELO:	0.05 mm aprox.	
	MÍN. ERROR OBTENIDO EN MILÍMETROS NUESTRO MODELO:	0.02 mm aprox.	

Tabla 2: Resultados del trabajo en laboratorio con el *software* PhotoModeler Premium. Fuente: Elaboración propia.

7. ESCÁNER LÁSER O LiDAR TERRESTRE.

7.1. METODOLOGÍA.

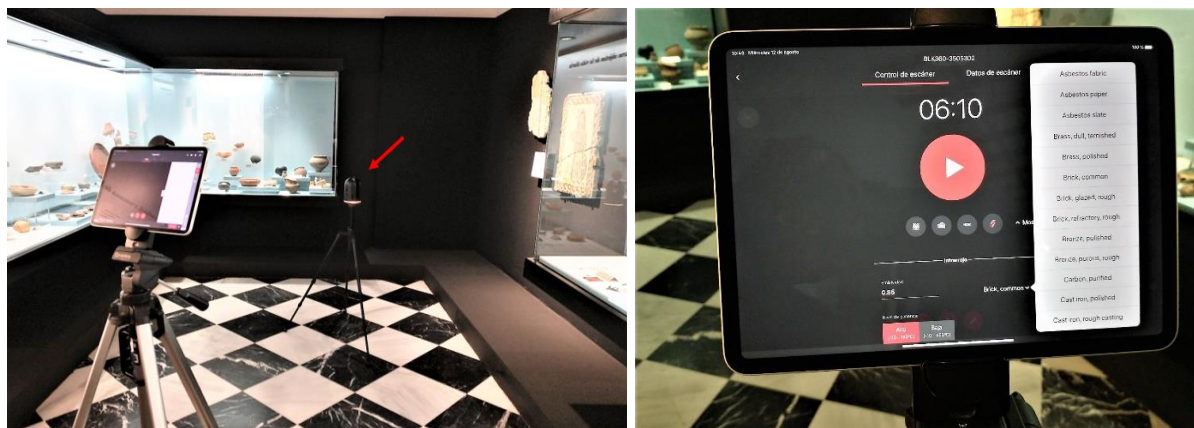
7.1.1. TRABAJO DE CAMPO: MATERIALES Y TOMA DE DATOS.

La técnica del escaneado láser o LiDAR terrestre (TLS) que aplicaremos es aquella en que con un equipo estático, que se estaciona en distintas posiciones fijas, a través de unos movimientos verticales *-line scan-* y horizontales *-frame scan-* sobre su propio eje (máx. en horizontal 360° y en vertical una cúpula de 300°), con la emisión de un pulso láser que rebota sobre las estructuras u objetos volviendo a ser reflejado, obtiene la geometría, la distancia y el color por medio de la cámaras que también incorpora. Dichos datos se toman y almacenan masivamente en forma de nubes de puntos.

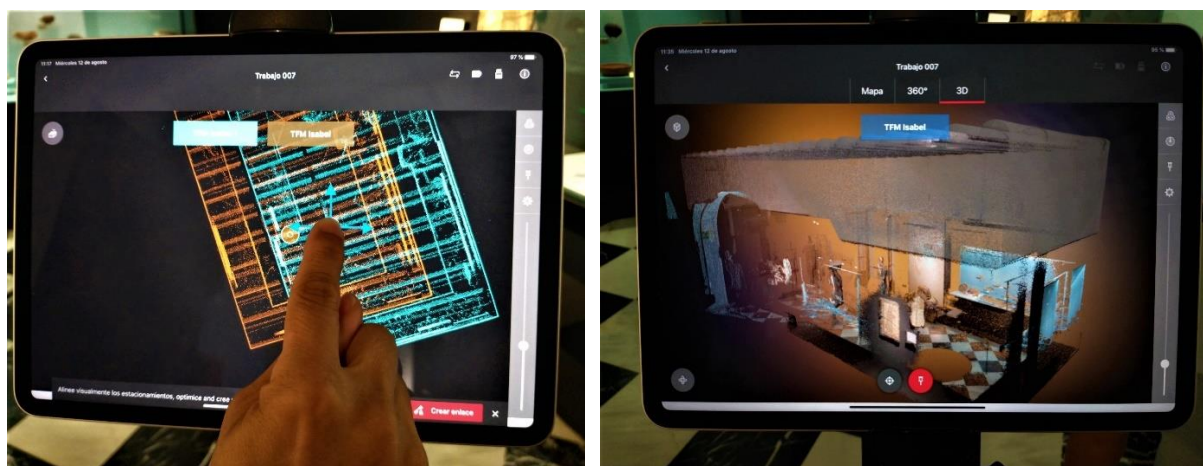
El BLK360⁶⁹ que pudimos probar sobre el ya conocido mosaico, es un escáner en que la medición se hace por tiempo de vuelo -control del tiempo desde la transmisión por el emisor al objeto que refleja y que hace que retorne- mejorado por la tecnología WFD o *WaveForm Digitizing*, con una longitud de onda de 830 nm y un alcance mínimo de 0.6m y máximo de hasta unos 60m, dando una precisión de 4mm a 10m / 7mm a 20m y para 3D de 6mm a 10m / 8mm a 20m. Además cuenta con tres cámaras de 15MP y una captura de domo de 150MP. Con todo esto, es capaz en su mayor resolución de captar de 50 a 80 millones de puntos en un lapso de 3 minutos.

Para su uso, fue necesario incorporarlo sobre un trípode y controlarlo vía wifi mediante una Apple iPad Pro Tablet. En total se hicieron cinco estacionamientos -con su máxima resolución (el tiempo por cada escaneo fue de 6:10 min.) y con el parámetro de 'brick, common'- de los que directamente, pudimos comprobar la nube de puntos que había formado en la aplicación que se adjunta en la tableta, Cyclone FIELD 360. Ya que estas nubes no se solapan unas sobre otras, debimos hacer un proceso de 'Pre-alineado', sobre la vista 'Mapa' de estas, creando 'enlaces' entre ellas y 'optimizando'.

⁶⁹ Para mayor conocimiento sobre las especificaciones de este producto consúltese el siguiente enlace web: https://shop.leica-geosystems.com/sites/default/files/2019-04/866563_leica_blk360_um_v2.0.0_es.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).



Figs. 91 y 92: BLK360, señalado por flecha roja a la izquierda y tableta Apple iPad Pro a la derecha con parámetros y tiempos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 93 y 94: A la izquierda, el enlace entre nubes de puntos de distintos escaneos; a la derecha, la vista 3D de la sala de exposición del mosaico al completo. Fuente: Elaboración propia.

7.1.2. SOFTWARES Y PROCESOS.

En esta segunda etapa de la aplicación del LiDAR, al igual que ocurriera con la fotogrametría, solo recurriremos al uso de un PC y un par de *softwares*. Para esta ocasión, dada la capacidad de proceso que requiere el proyecto, utilizamos la *workstation* de Azken Muga instalada en el Laboratorio de Historia del IVAGRO, con un procesador *Intel® Xeon®* Platinum 8260 CPU @ 2.40GHz 2.39 GHz (con dos procesadores) y una RAM de 384GB. Los programas serían Cyclone REGISTER 360, en su versión 2020.0.0, y Cyclone 3DR, en su versión 2020.0.1.35714.

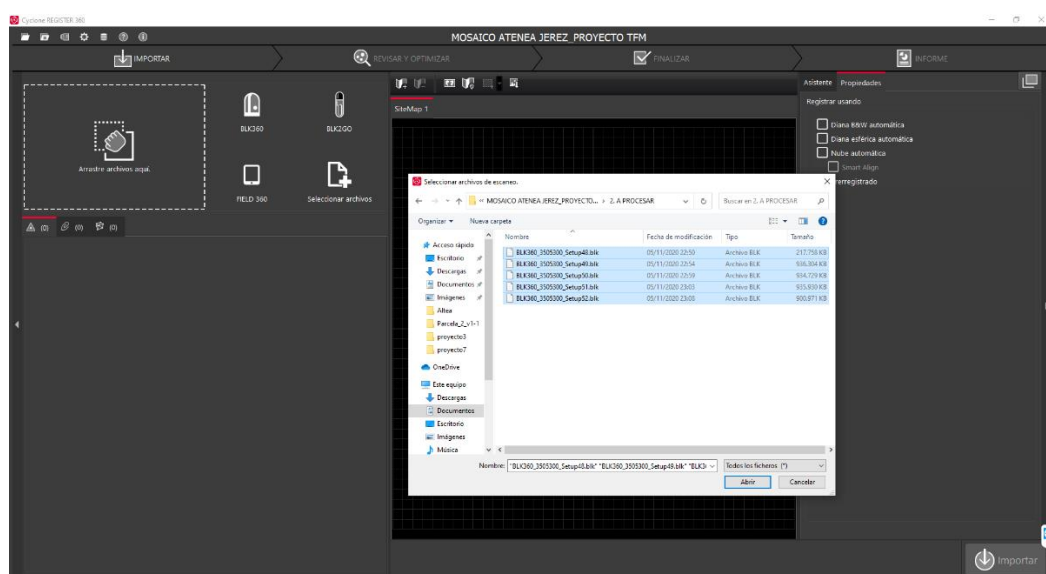
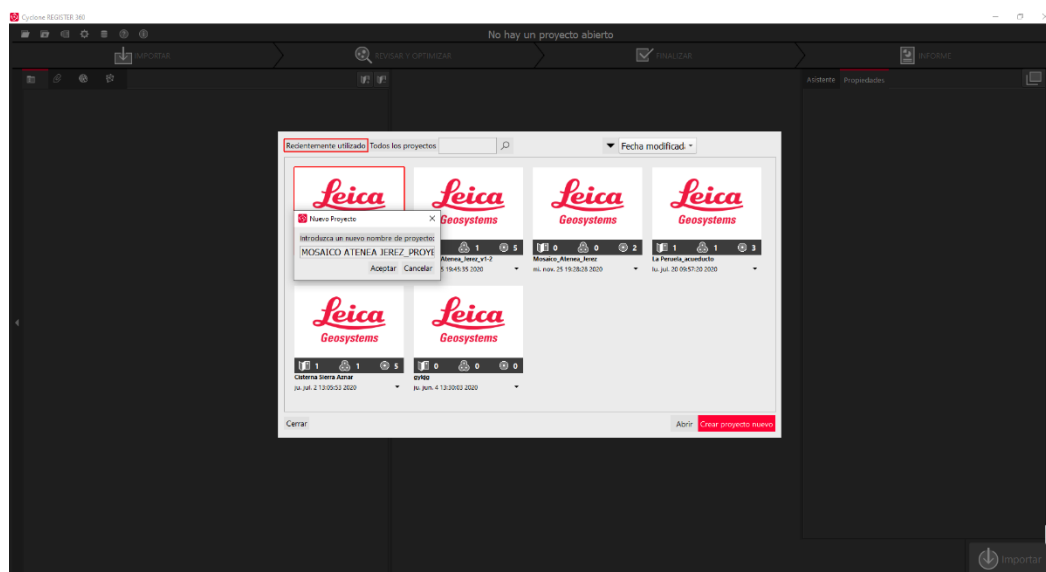
Antes de comenzar con ellos, es imprescindible descargar los datos desde el BLK360, lo que se hace mediante la conexión de este equipo con un programa de descarga, el BLK Data Manager, del que disponemos en versión 1.6.0. En él se generan tantos archivos como estacionamientos se han hecho en una extensión .blk, en el que van incluidas las fotografías que se tomaron a la vez que cada escaneo.

Aún a riesgo de ser repetitivos, iteramos: la organización en carpetas de la información vuelve a ser fundamental para el trabajo con ella de un modo óptimo. Siendo esto así, deberíamos separar los datos brutos en una primera carpeta, copiarlos en una segunda para su procesamiento y crear una tercera para su exportación, a la que se añadiría una posterior para el tratamiento con Cyclone 3DR.

Ya que el desarrollo de ambos programas difieren en sus objetivos y resultados, hemos considerado pertinente dividir la relación de su empleo en dos apartados: en el primero explicaríamos como hasta ahora venimos haciendo, paso a paso, el registro de los estacionamientos con Cyclone REGISTER 360; y, en el segundo, veríamos cómo a partir de lo obtenido en el primero -una nube de puntos densa-, podríamos generar una triangulación o malla -previa limpieza- y unas texturas, que den como resultado final un modelo tridimensional, que a la postre será comparado con aquel conseguido durante la fotogrametría terrestre.

1. Cyclone REGISTER 360.

Nada más abrir el programa, este nos pedirá en una ventana emergente que creemos un proyecto nuevo y le proporcionemos un nombre, al que nosotros hemos concedido el de ‘Mosaico Atenea Jerez_Proyecto TFM’. Como podrá el lector comprobar en la *fig. 95*, antes del proyecto definitivo, hubo varios intentos de prueba. Hecho esto, en la pantalla que sigue, en la pestaña ‘Importar’, solo tendríamos que elegir los distintos escaneos mediante ‘Seleccionar archivos’, y tras darle la ruta hacia ellos, ‘Abrir’.



Figs. 95 y 96: Creación de proyecto e inclusión de los archivos generados por el BLK360.

Fuente: Elaboración propia.

Tras ello, en el panel de nuestro margen izquierdo, aparecerán los archivos de los estacionamientos. En el de la derecha, varias opciones en la pestaña de ‘Propiedades’ suelen aparecer habilitadas por defecto, como las de ‘Diana B&W automática’ -para la detección de unas dianas blanquinegras concretas, diferentes a las usadas en la fotogrametría y que Leica Geosystems proporciona- y la de ‘Nube automática’ -para el solapamiento instantáneo de los escaneos por el programa-. Ambas opciones las deshabilitaremos: las dianas del escáner no fueron usadas por ser demasiado grandes y no requerirse al estar en un espacio cerrado y única sala en que fácilmente podríamos identificar los elementos arquitectónicos para el solape; y, la construcción de la nube automática también, por el sencillo motivo de que fueron realizadas en campo sobre una tableta de medianas dimensiones muy *grosso modo*, porque queríamos probar de primera mano cómo se hace el proceso de alineado y sobre todo porque en una de las pruebas que hicimos con esta opción activa, el resultado no fue bueno (*vid. figs. 101 y 102*). Ahora, tan solo clicando en ‘Importar’, en la esquina inferior derecha de nuestra pantalla, en que nos aparecería en rojo el recuadro, indicando que ya está disponible dicha posibilidad, quedaría esperar que el programa descargara los datos y nos advirtiera del éxito de dicho proceso.

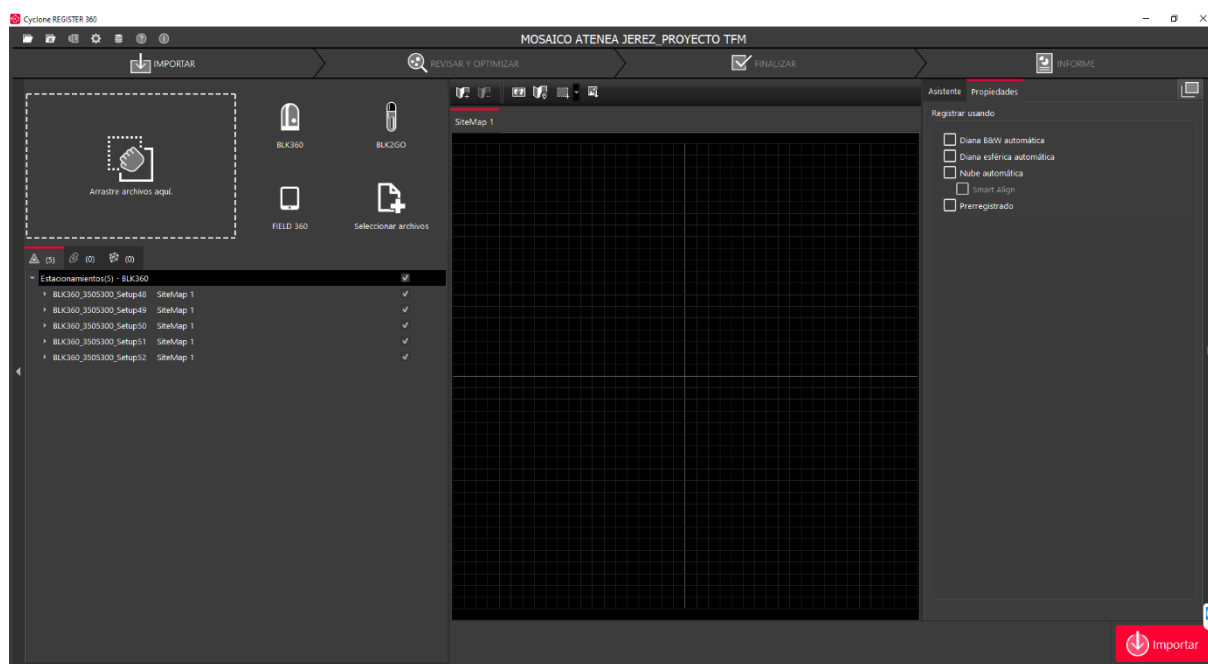
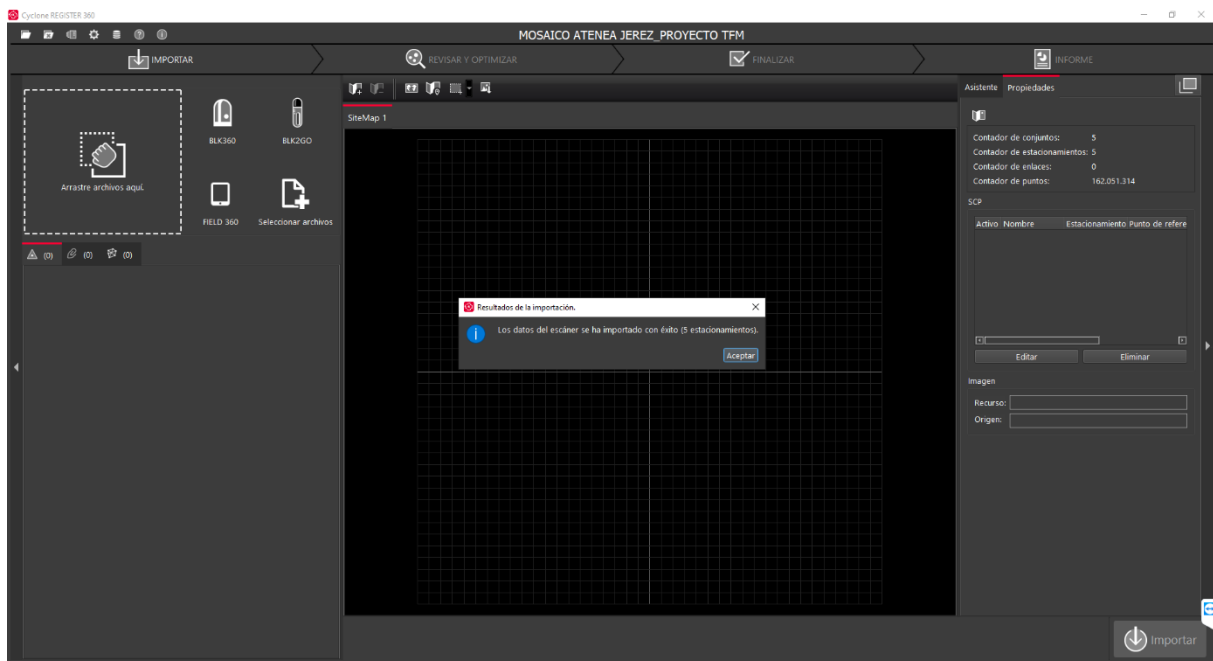
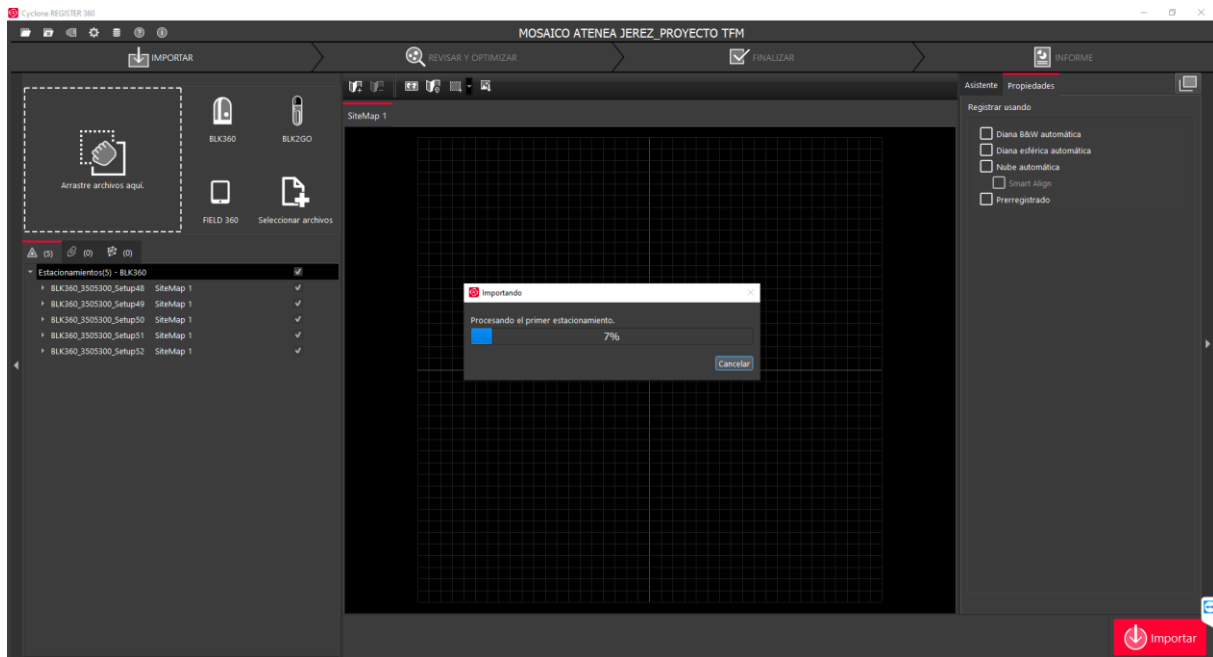


Fig. 97: Escaneos en panel izquierdo, propiedades seleccionadas en el derecho y opción de importar en el margen inferior derecho. Fuente: Elaboración propia.



Figs. 98 y 99: Proceso de importación y éxito del mismo. Fuente: Elaboración propia.

Una vez aceptada la ventana en que se nos da noticia de la correcta descarga de los escaneos en el programa, pasaríamos directamente a la pestaña de ‘Revisar y Optimizar’ en cuyo panel izquierdo seguiríamos viendo los escaneos, en el central aparecerían desvinculadas las distintas nubes de los cinco estacionamientos y en el derecho aparecerían las imágenes correspondientes a cada uno de ellos. En la barra de herramientas superior, de manera predeterminada, aparecen marcadas, como se puede observar en la *fig. 100*, resaltadas por un recuadro en rojo, los iconos que hacen referencia, respectivamente de izquierda a derecha, a la visión de los puntos de

estacionamiento (en rojo sobre las nubes), la percepción de la nube, los enlaces entre todas estas, las imágenes de fondo correspondientes y los ‘GeoTags’ (para importar coordenadas o dar etiquetas a elementos). El resto de las no seleccionadas nos servirán -también descritas de izquierda a derecha, respectivamente- para alinear con la superficie, hacer *zoom* a la ventana, ampliar todo en el panel central, hacer captura de pantalla, comprobar distancias sobre la nube, medir la temperatura, mostrar etiquetas, ver puntos desplazados, intercambiar estacionamientos, crear ‘SPC’ o ejes, escalar la imagen de fondo, y hacer selección rectangular, circular o poligonal. Si hubiéramos tenido dianas, entre las herramientas para ver la nube y los enlaces, nos aparecería una en que poder habilitar o deshabilitar la vista de dichas dianas (*cfr. figs. 101 y 102*).

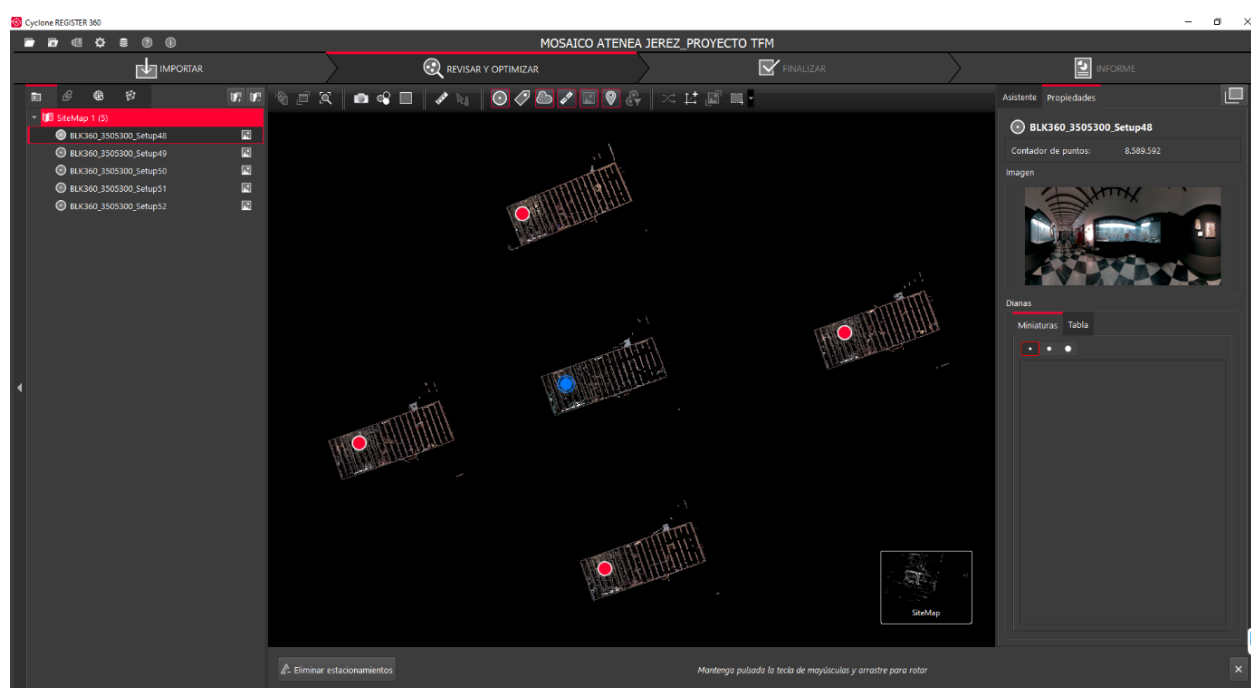
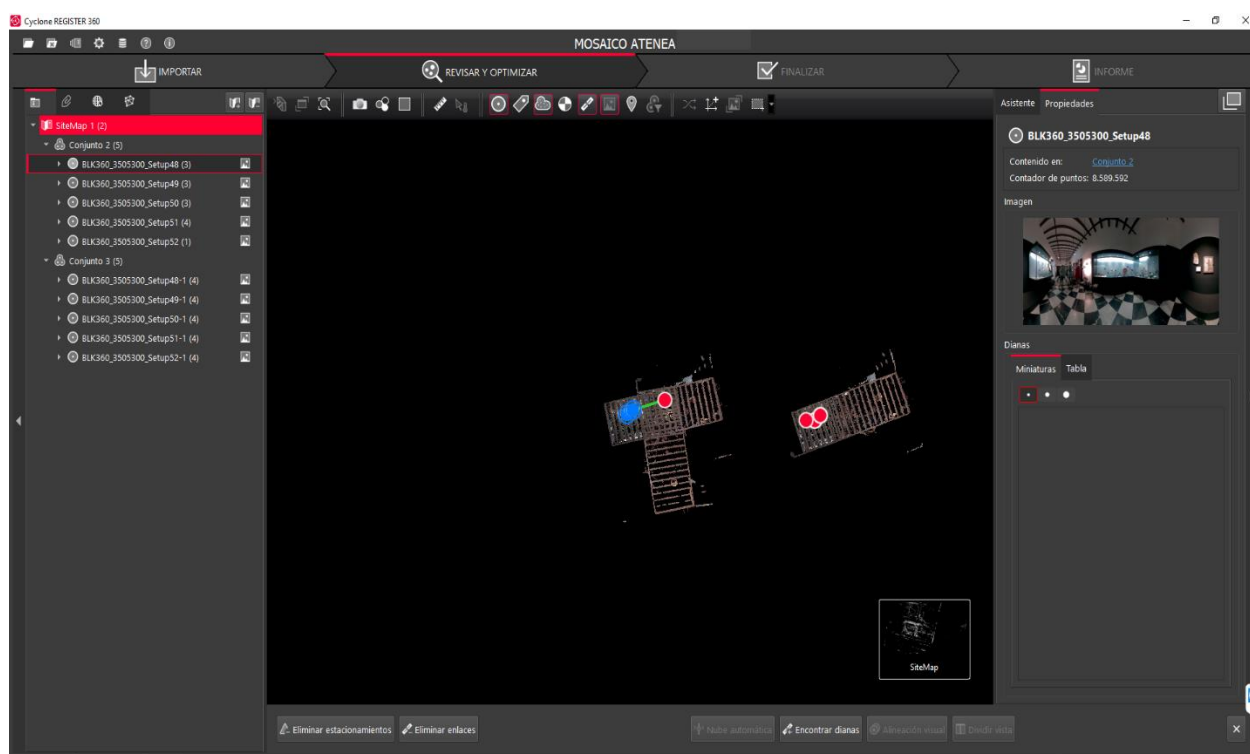
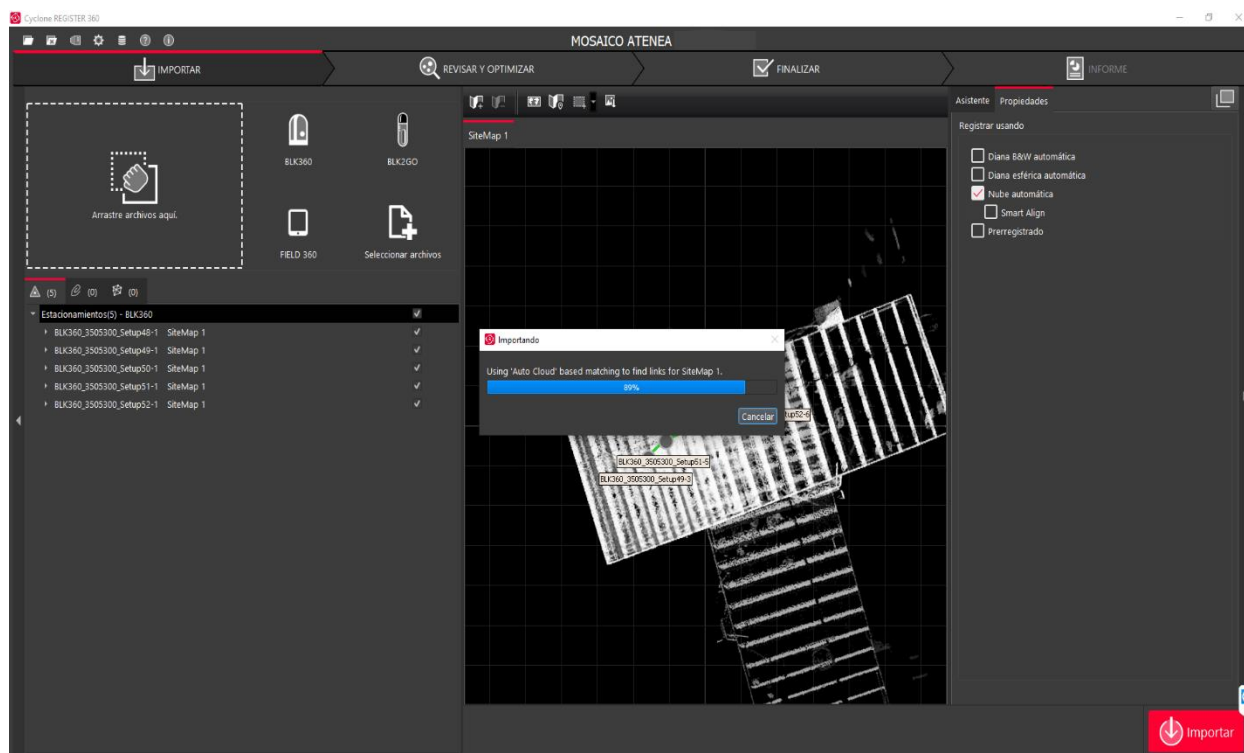


Fig. 100: Los cinco escaneos importados de manera independiente y vista completa de la pestaña ‘Revisar y Optimizar’. Fuente: Elaboración propia.

Como decíamos algo más arriba, si hubiéramos hecho el alineado automático, habríamos tenido que separar las nubes y volver a juntarlas manualmente, puesto que el programa no lo hizo adecuadamente en las pruebas. Ello, en parte, se debió a varios factores que influyeron: el continuo movimiento de las personas que estuvimos en sala trabajando, las visitas que se produjeron, las vitrinas de vidrio rodeando todo el área escaneado, las paredes negras con la reflectancia de los focos, el suelo de mármol con losas blanquinegras también reflejando brillos, etc. Unas circunstancias que en parte podrían haber sido controladas, pero que al ser la primera vez que trabajábamos con el equipo no pudimos valorar sino *a posteriori*. En las figuras 101 y 102, se puede ver como el alineado automático no fue efectivo.



Figs. 101 y 102: Los cinco escaneos importados y alineados de manera automática con mal resultado. Fuente: Elaboración propia.

Dicho esto, podríamos simplemente, en la prueba que hicimos de alineado automático, eliminar los enlaces, tal como se nos ofrece en la herramienta del nuestro panel central, abajo a la izquierda, sin embargo, preferimos volver a cargar los archivos para mayor comodidad y rapidez en un proyecto nuevo, como hemos dilucidado entre las *figuras 95 y 100*.

Teniendo las nubes ya en el panel central de ‘Revisar y Optimizar’, el procedimiento es bien sencillo. Simplemente habría que clicar sobre el punto rojo que indica el estacionamiento en la nube para que se vuelva azul y mientras clicamos sobre él, manteniendo pulsada a su vez la tecla ‘shift’, moveríamos el cursor hacia izquierda o derecha, arriba o abajo, observando cómo se genera una línea o eje sobre la que rota dicha nube. Evidentemente, en primer lugar, nos interesaría orientar todas hacia el mismo sitio y agruparlas de manera cercana. Para poder mover la nube sobre el panel, basta con clicar sobre el mencionado punto de estacionamiento y arrastrar con el *mouse* hacia donde queramos. Para mover el panel, basta con mantener pulsado el botón secundario del ratón y arrastrar.

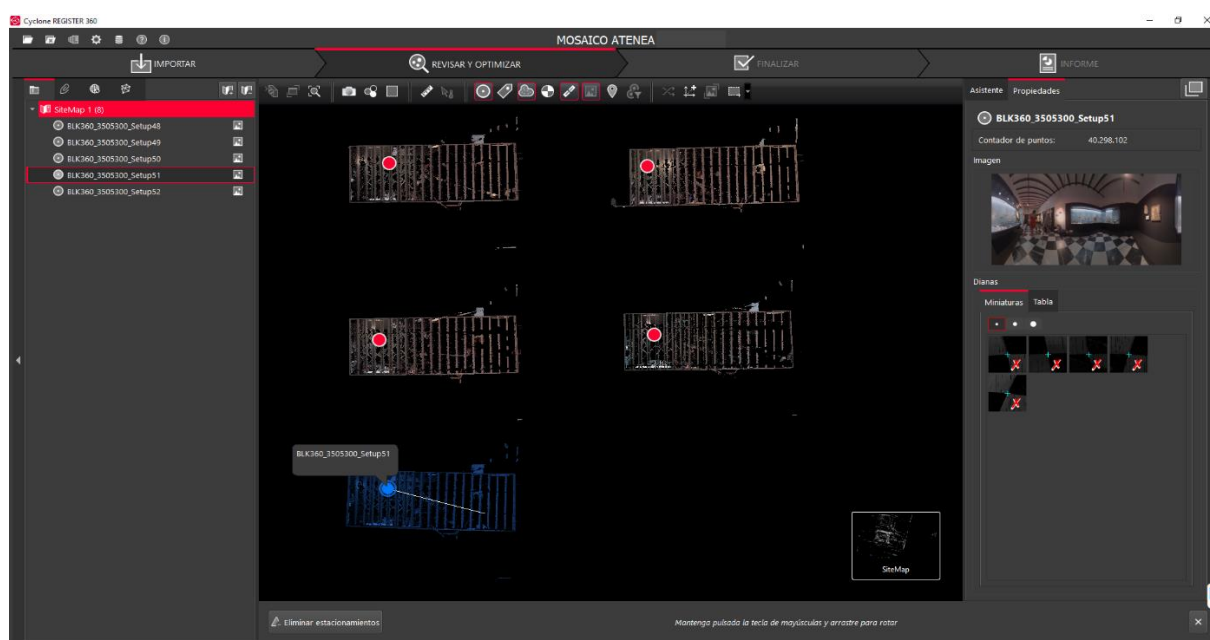


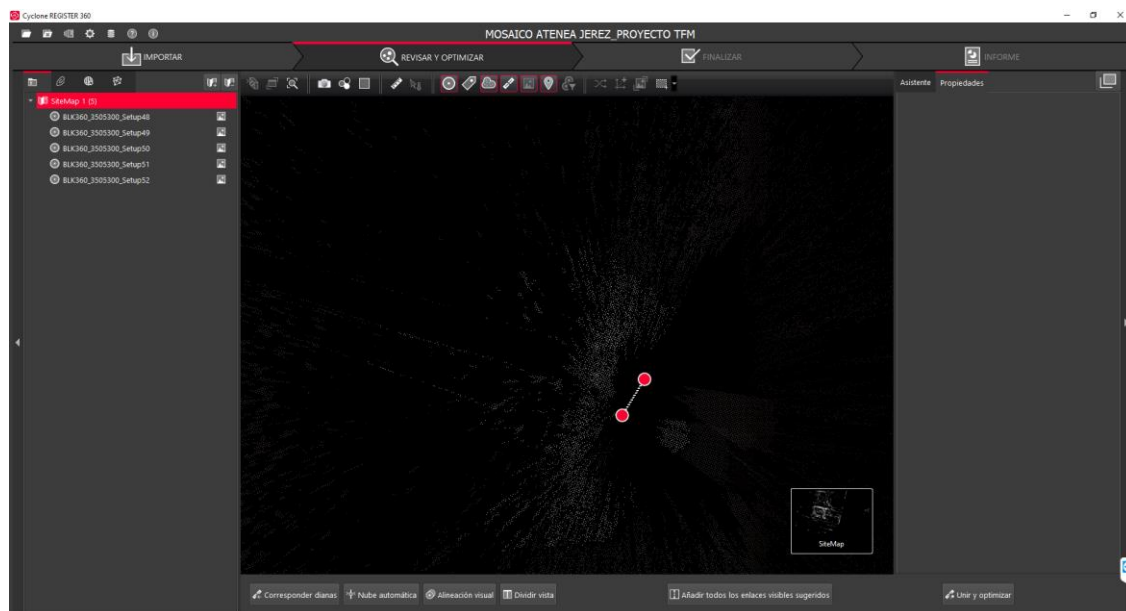
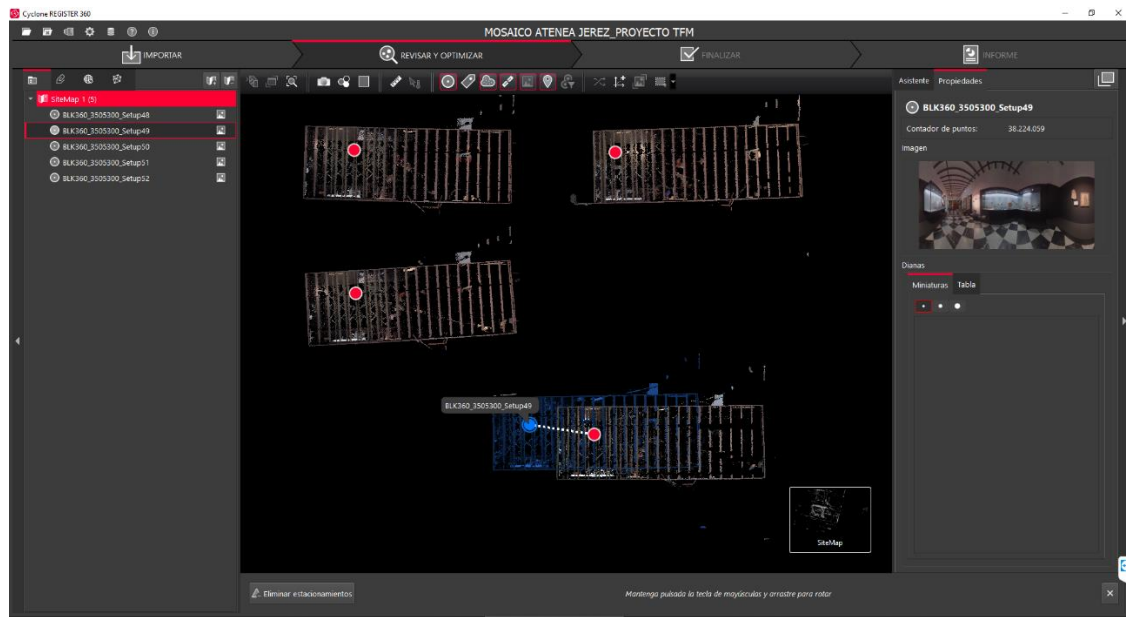
Fig. 103: Orientación de cuatro de las nubes y alineado de la quinta usando clic con el botón primario y ‘shift’.

Fuente: Elaboración propia.

Estando todas las nubes cerca y orientadas de la misma manera, restaría por ir uniendo unas con otras creando enlaces entre ellas. Personalmente, hemos optado por ir vinculando las nubes según su número de escaneo, es decir, sobre la 48, ir añadiendo de manera consecutiva la 49, 50, 51 y 52.

La unión de unas con otras es una tarea bastante fácil. Arrastrando con el ratón, solo tendríamos que acercar el punto de estacionamiento de una nube al otro de la que se quiera

asociar. De esta manera, a medida que nos acercáramos saldría una línea discontinua entre ambos puntos que ya indicaría un enlace. Soltando la nube y clicando sobre dicha línea discontinua, se nos habilitaría debajo de nuestro panel central la opción ‘Alineación visual’, sobre la que tendríamos que pulsar. Hecho esto, veríamos como nuestra vista cambiaría, se ampliaría abarcando solo las nubes escogidas y su color cambiaría, una naranja y otra celeste, de tal manera que podamos discernir entre ambas.



Figs. 104 y 105: Primer paso hacia el alineamiento visual: acercar nubes y clicar sobre línea discontinua.

Fuente: Elaboración propia.

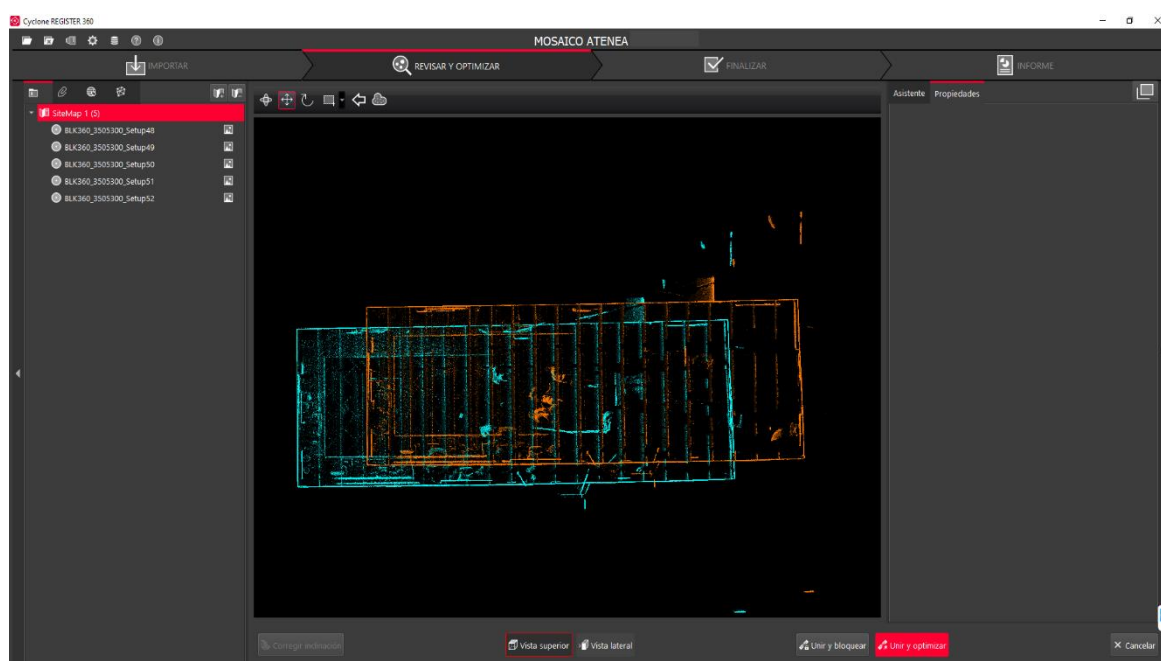


Fig. 106: Alineación visual: diferentes colores entre nubes para discernir. Fuente: Elaboración propia.

Haciendo clic y arrastrando la nube de color celeste -teniendo la herramienta ‘Mover nube’ habilitada-, que es la que moveremos -la naranja la dejaríamos fija-, habríamos de buscar un elemento arquitectónico en planta que nos pueda ayudar a encajar ambas nubes. Para nosotros, resultaron de bastante utilidad las esquinas, concretamente la superior izquierda.

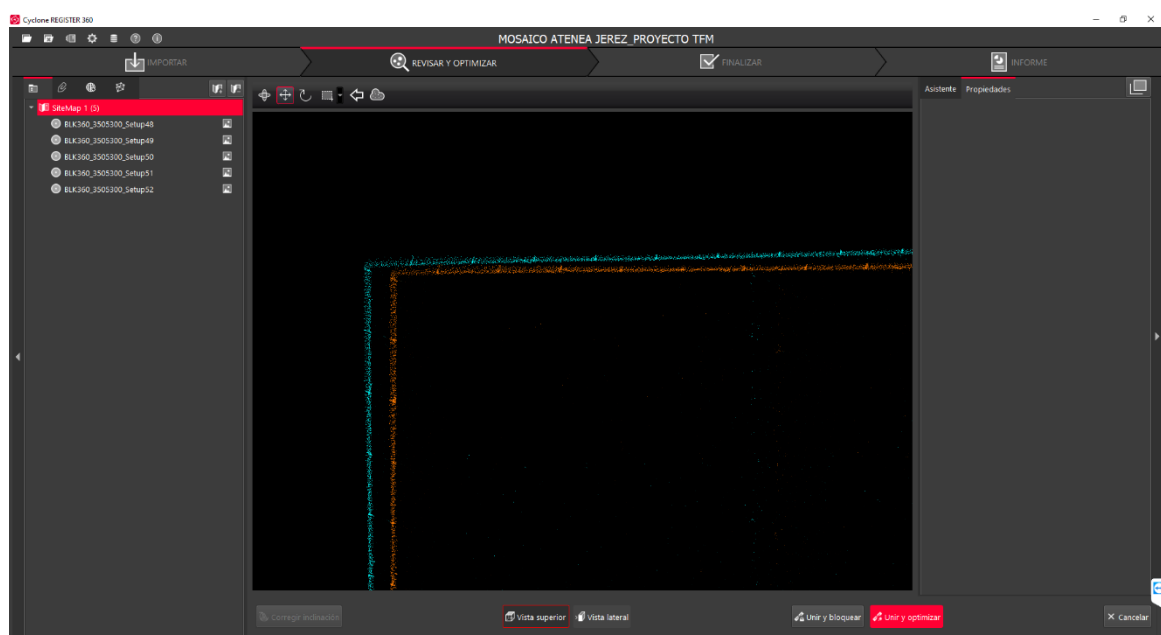


Fig. 107: Alineación visual: vista ampliada de las esquinas superiores izquierdas de la sala en que se encontraba el mosaico. Fuente: Elaboración propia.

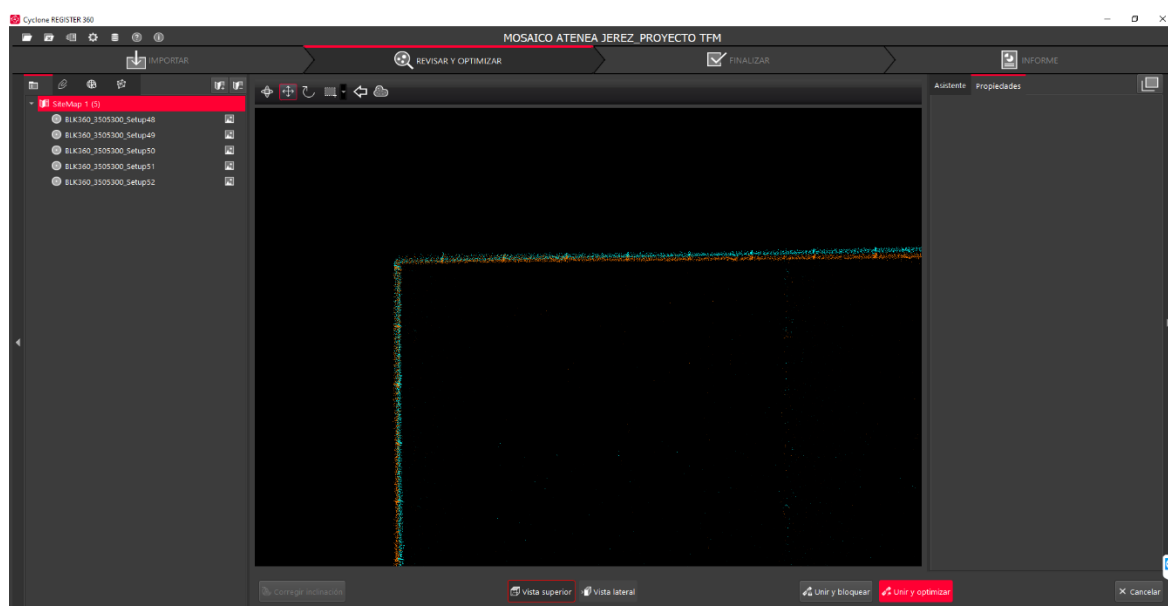


Fig. 108: Alineación visual: vista ampliada de las esquinas superiores izquierdas de la sala ya alineadas.
Fuente: Elaboración propia.

Encajadas las esquinas, veríamos en planta que aún quedaría por rotar un poco la sala de tal manera que todas sus paredes queden solapadas. Para ello, volveremos a recurrir al anterior método de hacer clic mientras mantenemos ‘shift’ pulsada, no obstante, en esta ocasión habremos de clicar sobre el punto que queremos tener como eje fijo de rotación, es decir la esquina superior izquierda, previamente alineada, y además en la barra superior cambiar la herramienta ‘Mover nube’ por ‘Rotar nube’.

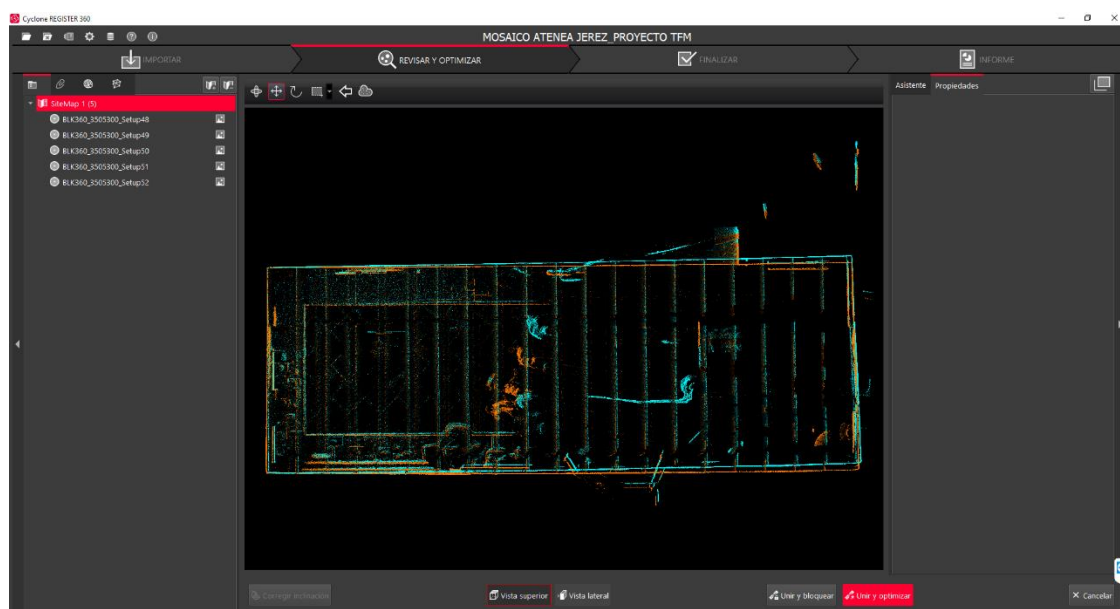
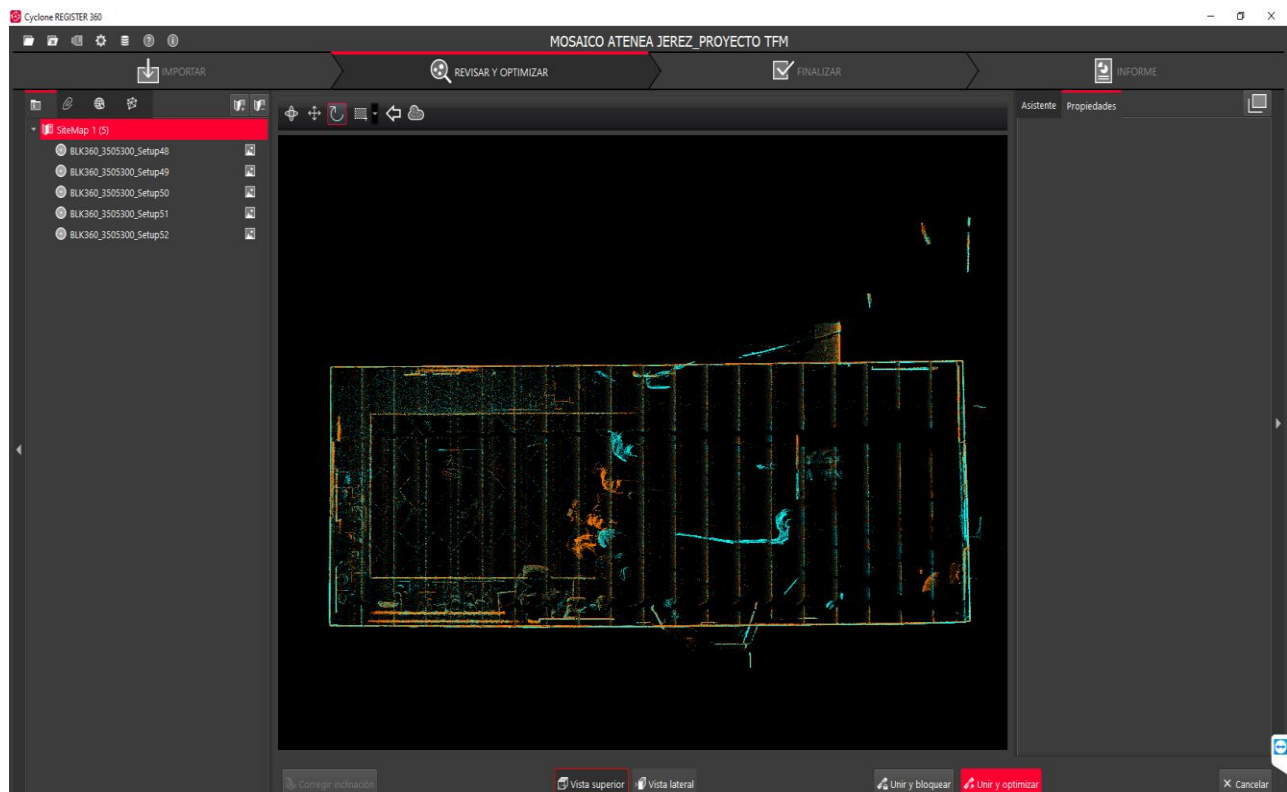
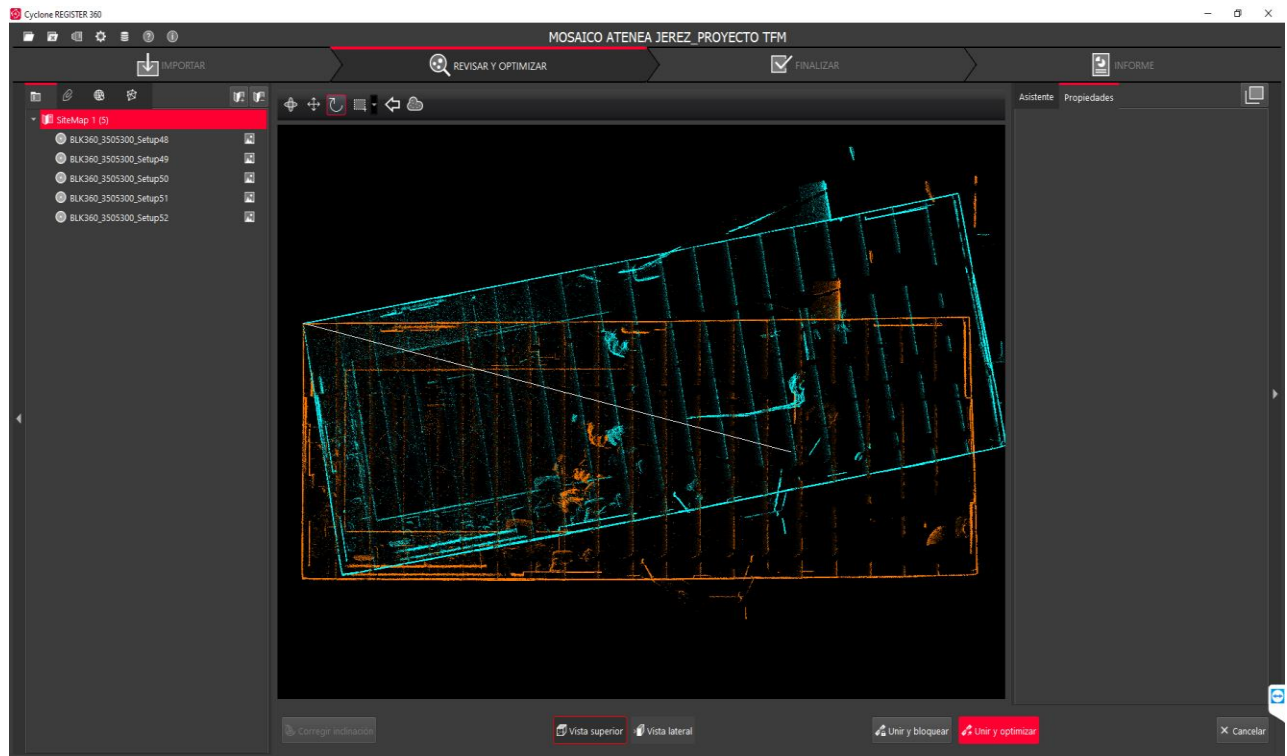


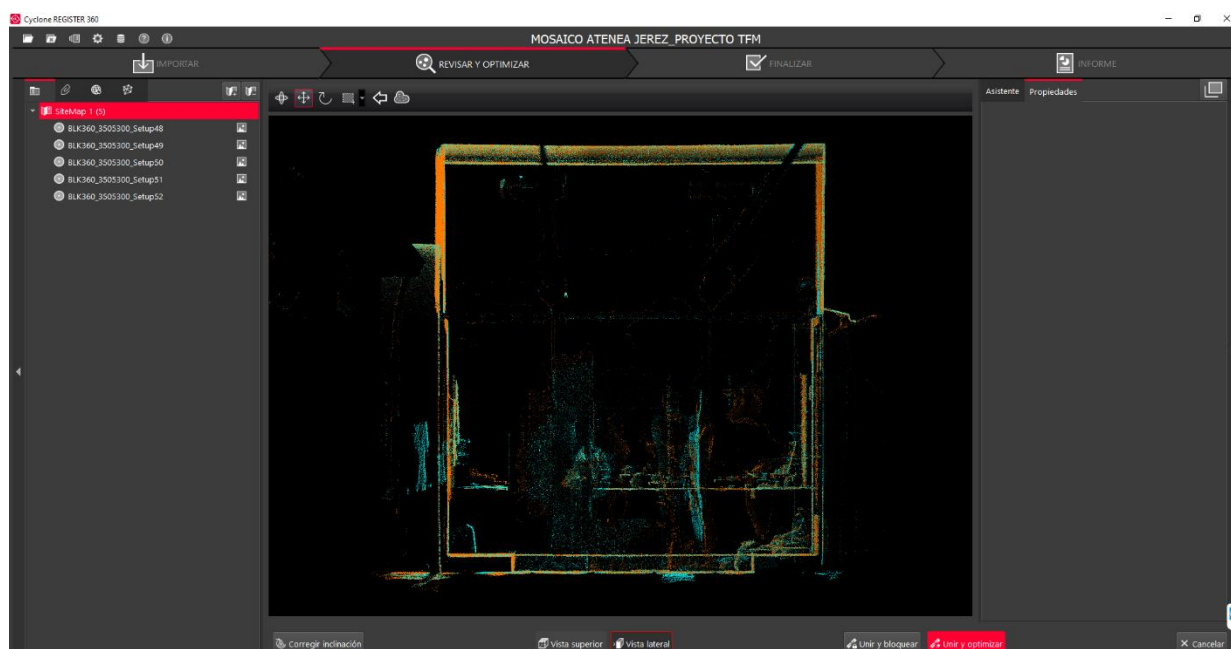
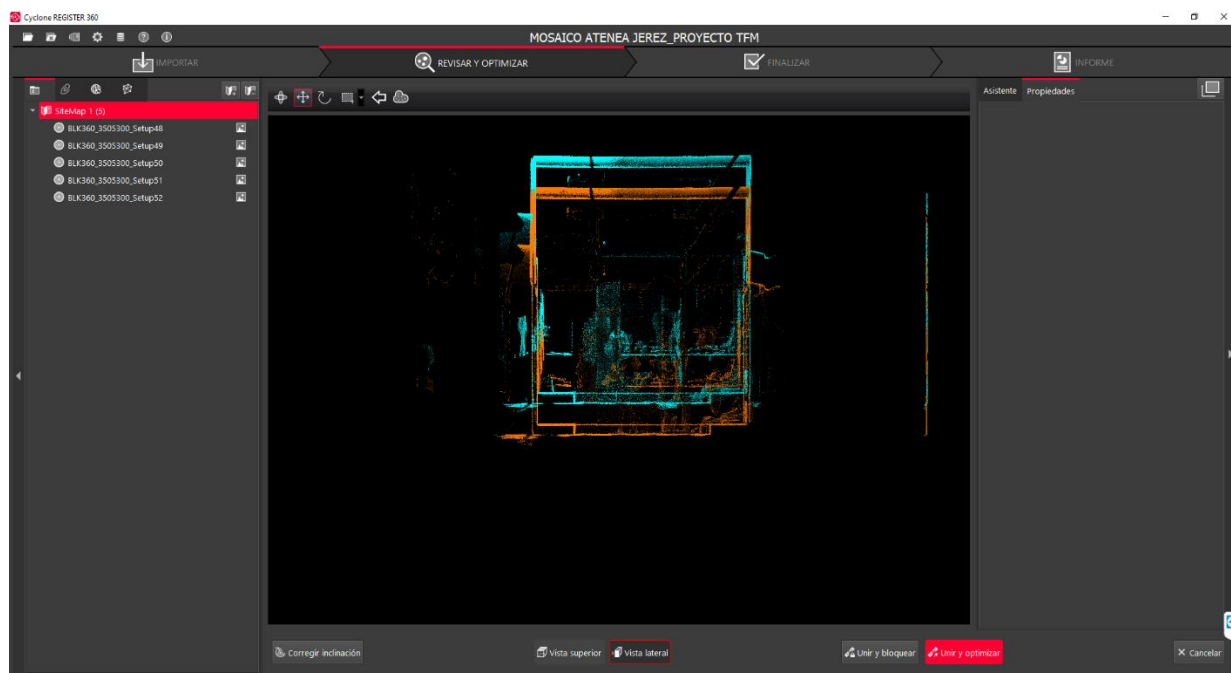
Fig. 109: Alineación visual: vista ampliada en planta de las nubes 48 y 49 en que falta rotar sobre el eje de la esquina superior izquierda para que ambas nubes coincidan. Fuente: Elaboración propia.

**INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y RECONSTRUCCIÓN
VIRTUAL EN EL ESTUDIO DE LA MUSIVARIA ROMANA.**



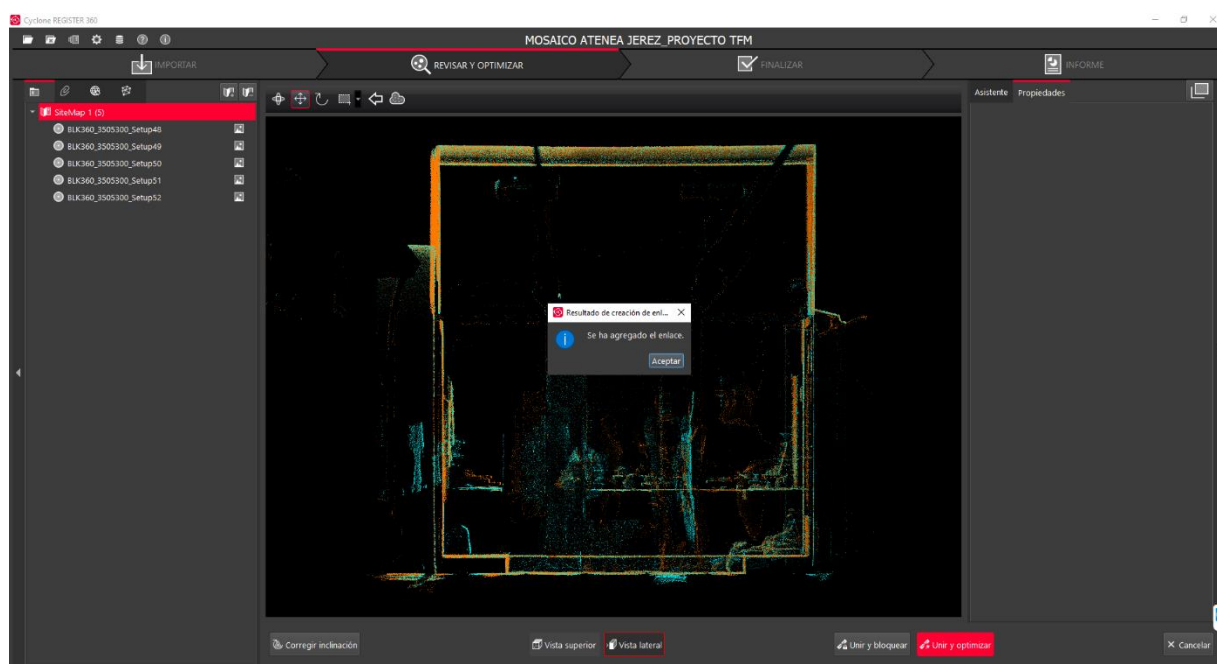
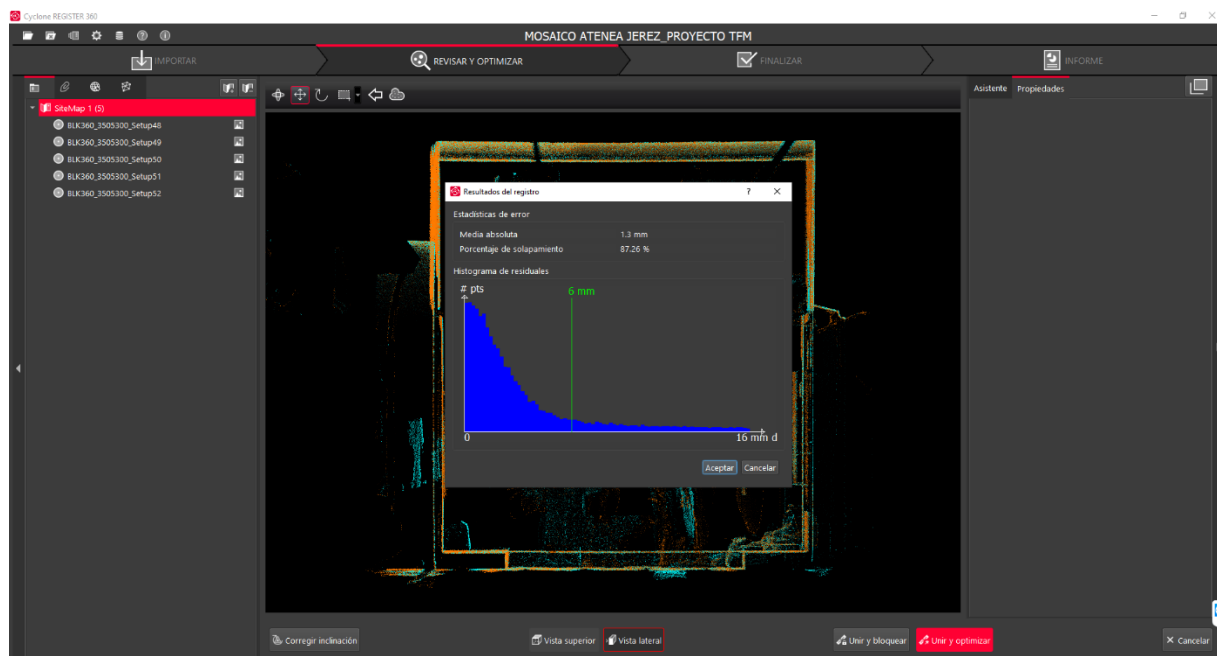
Figs. 110 y 111: Alineación visual: rotación de la nube celeste para que se ensamble lo máximo posible con la naranja y resultado final de acoplamiento de ambas. Fuente: Elaboración propia.

Si habíamos ajustado las nubes en su vista superior, nos quedaría por hacerlo en su vista lateral, tal como nos ofrece nuestro panel central en su parte inferior. Escogiendo esta opción, lo que veríamos sería una sección lateral de la sala, en que las dos nubes naranja y celeste deberían quedar entrelazadas moviéndolas con ‘Mover nube’ y un clic mantenido hacia arriba o hacia abajo.



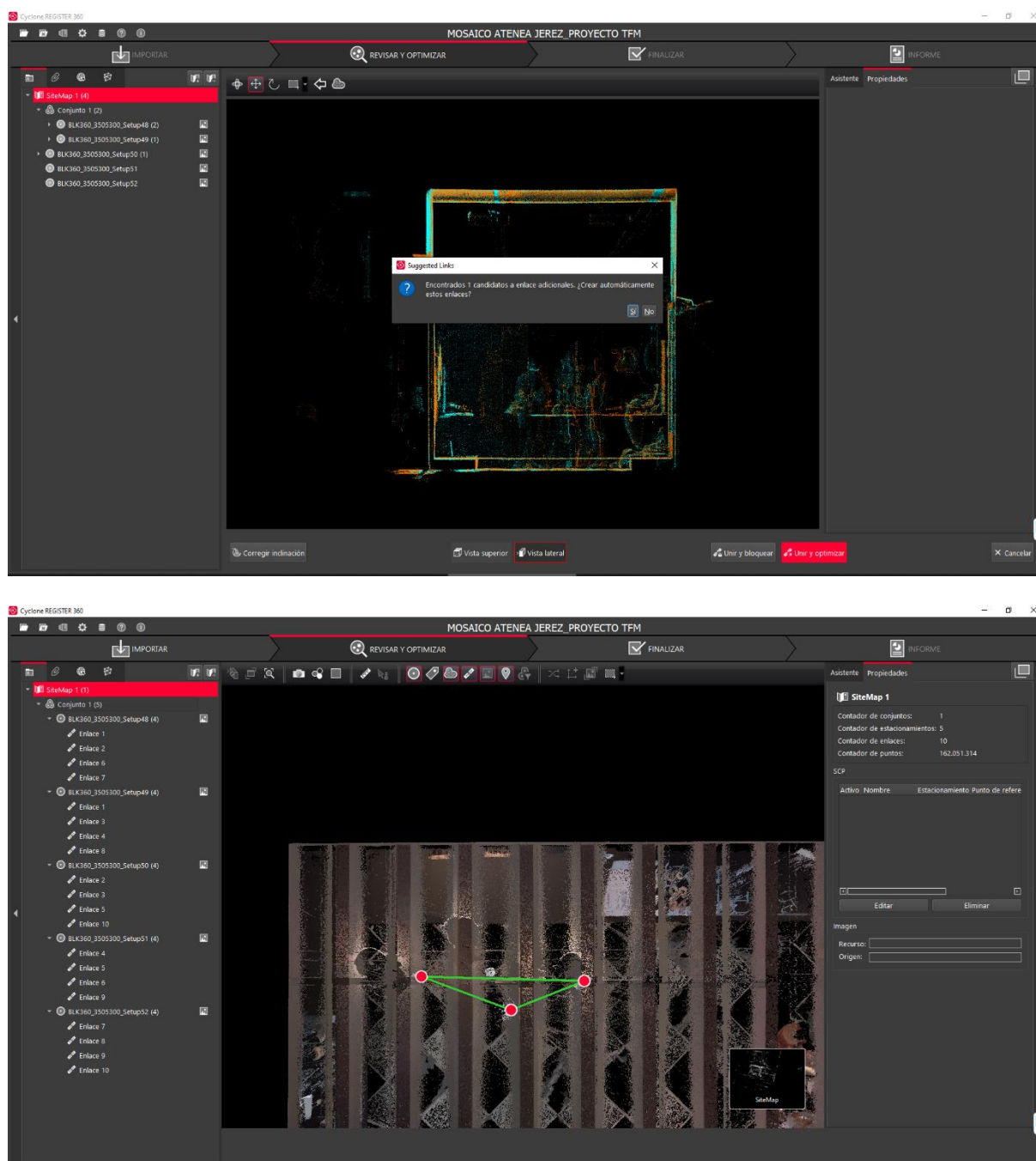
Figs. 112 y 113: Alineación en la vista lateral: enlace de ambas nubes. Fuente: Elaboración propia.

Ya que ambas vistas han quedado manualmente ligadas, podríamos seleccionar ‘Unir y Optimizar’, el recuadro en rojo, abajo a la derecha. Si pulsamos nos saldrá una primera ventana con el error obtenido en la alineación y una segunda en que el programa nos avisará de que el enlace se ha ejecutado de la manera correcta.



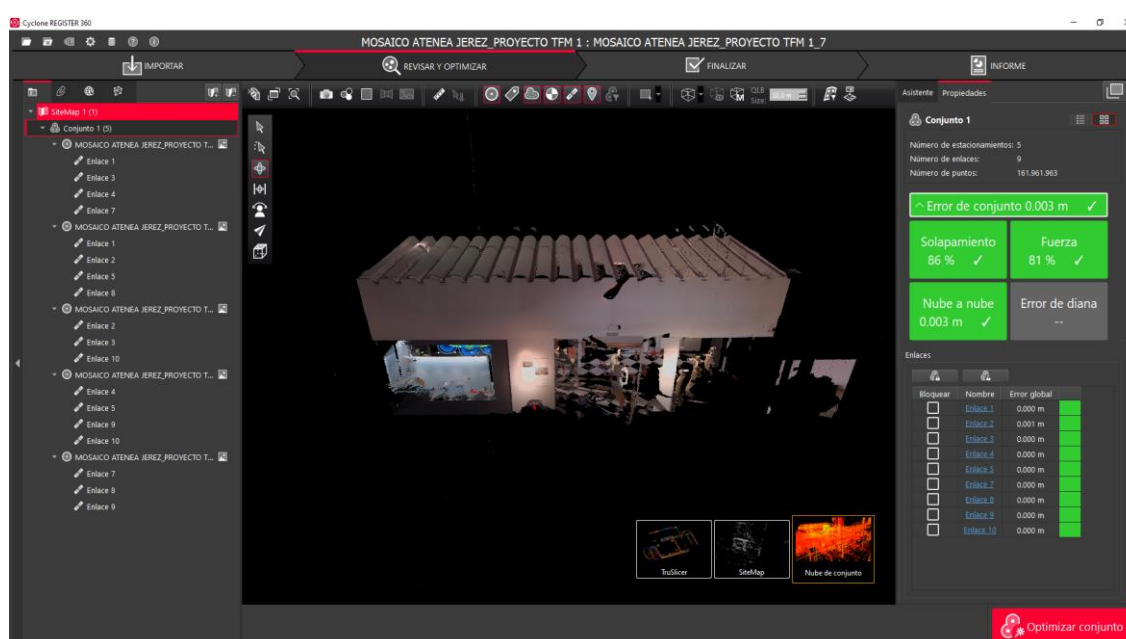
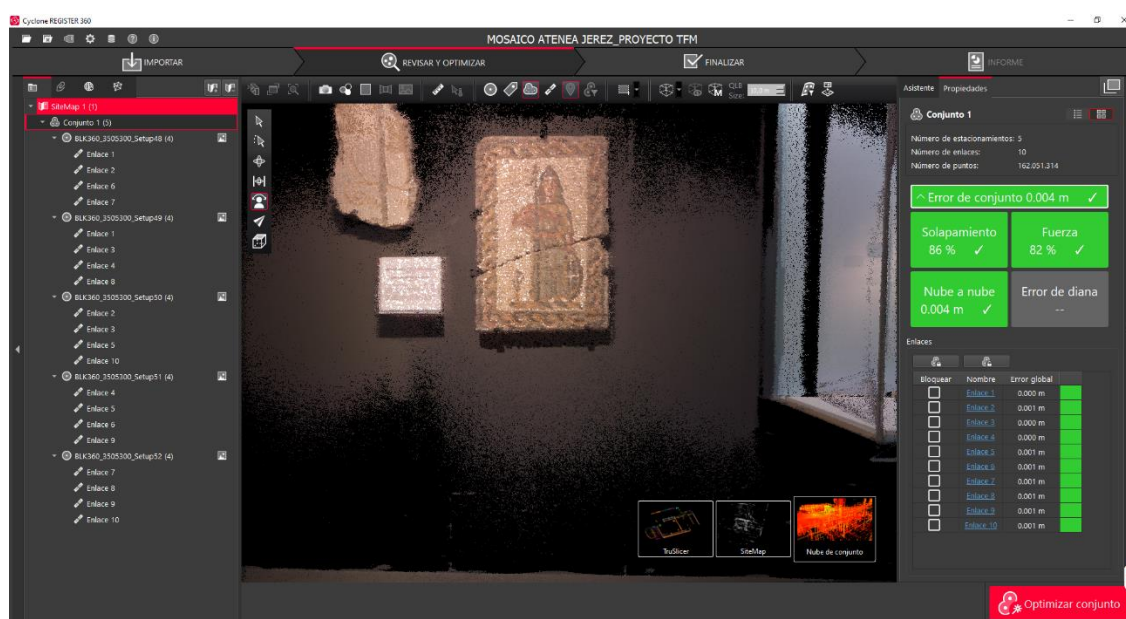
Figs. 114 y 115: Alineación visual: error obtenido y enlace agregado. Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento lo repetiríamos con las tres restantes nubes, de tal manera que finalmente se nos generaría un conjunto con cinco escaneos y en total diez enlaces. En principio, los que nosotros creamos eran un total de cuatro, pero el *software* es capaz de, una vez unidas varias nubes, encontrar conexiones adicionales que nosotros aceptaríamos, de ahí el aumento del número de estos.



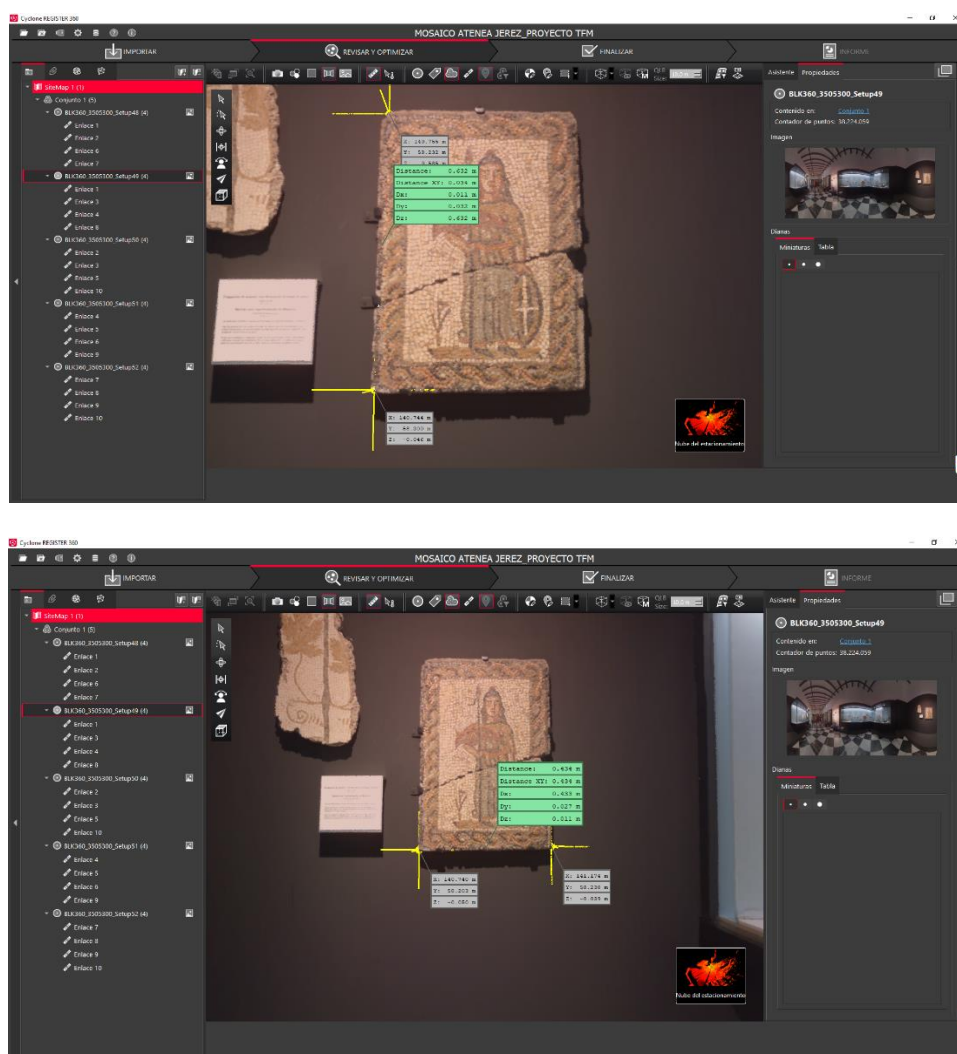
Figs. 116 y 117: Enlaces adicionales automáticos y pantalla final con el conjunto creado por los cinco escaneos y dichos enlaces entre ellos (en el panel de la izquierda y en el centro en líneas verdes). Fuente: Elaboración propia.

Si sobre el panel izquierdo, hiciéramos clic sobre ‘Conjunto 1 (5)’, a la derecha nos aparecería en verde una relación de datos generales sobre el error total de dicho conjunto, el solapamiento entre nubes, la fuerza y el nube a nube. Bajo esto, el error de solapamiento entre los enlaces creados. Para mejorarlo, tendríamos que ‘Optimizar conjunto’. En nuestro modelo, solo ha bajado la ‘Fuerza’ en un 1%, en el error de conjunto y de nube a nube de 0.004 a 0.003 m y en los enlaces, solo uno -el número 2- mantiene un error de 0.001 m. Como podrá apercibir el lector, tras el optimizado, el número de los enlaces cambia según los escaneos en la columna de la izquierda.



Figs. 118 y 119: Primeros datos obtenidos y resultados tras la optimización del conjunto. Fuente: Elaboración propia.

Una última comprobación que hicimos en esta pestaña de ‘Revisar y Optimizar’ fue la de las medidas del mosaico a lo largo y ancho, con el fin de ver si se correspondía con la realidad. Con este fin, manteniendo seleccionado ‘Conjunto 1 (5)’, en el panel central, abajo a la derecha, seleccionamos la vista ‘Nube de conjunto’ -la ‘SiteMap’ es para una vista en planta y la ‘TruSlicer’ también solo que seccionada, es decir, en planta pero sin el techo-. Para poder acercarnos al mosaico, haríamos *zoom* con la rueda del *mouse* y escogiendo la herramienta ‘Órbita’ de las que nos aparecen verticalmente en la vista central, rotaríamos la nube hasta que lo percibiéramos frontalmente. Con la herramienta ‘Medir distancia’ clicaríamos en el primer punto y en el último. En el Mosaico de Minerva, las medidas de ancho y largo son correctas. En el largo solo difiere 0,2 mm y en el ancho 0,32 mm. Empero, téngase en cuenta que estamos midiendo a ojo sobre una nube de puntos.



Figs. 120 y 121: Medidas gruesas del mosaico sobre la nube de puntos. Fuente: Elaboración propia.

Ulteriormente, pasaríamos a la pestaña ‘Finalizar’, en que el *software* nos pediría que le ajustáramos en planta la vista/ampliación deseada para proceder a emitir un informe y exportar el modelo. Hecho esto, aceptaríamos.

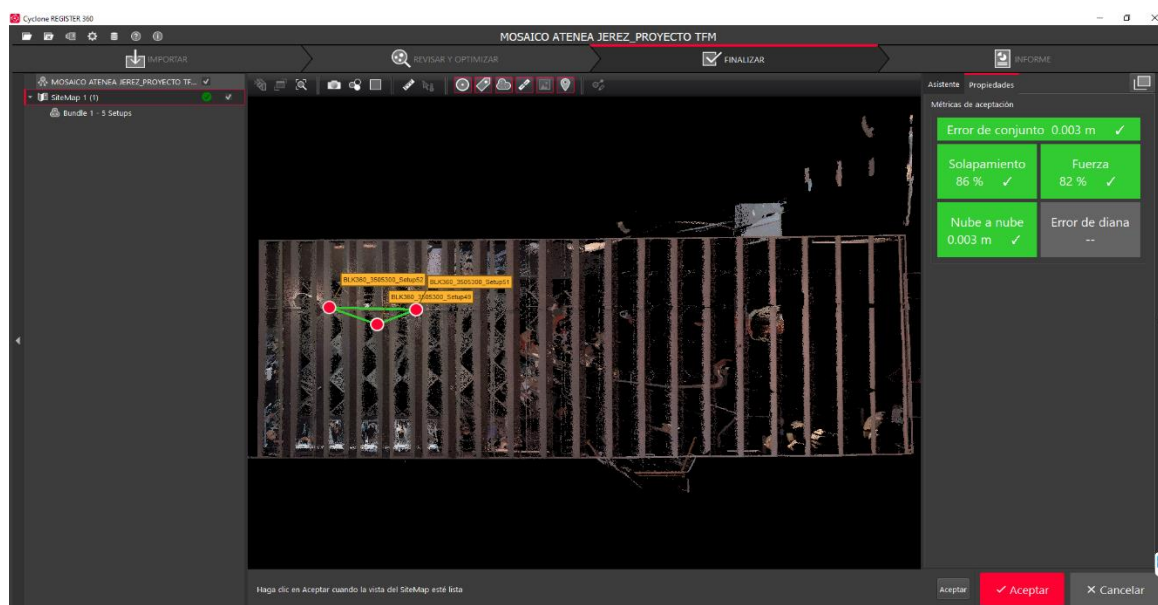


Fig. 122: Imagen final para informe y exportación. Fuente: Elaboración propia.

Directamente, pasaríamos a la pestaña ‘Informe’, en que podríamos editar los datos de la persona que certifica, el título del proyecto, la empresa que lo hace, y los parámetros y resultados del proceso, lo que incluiremos en los resultados en el enlace a Google Drive, para que el tribunal de este TFM pueda acceder a él.

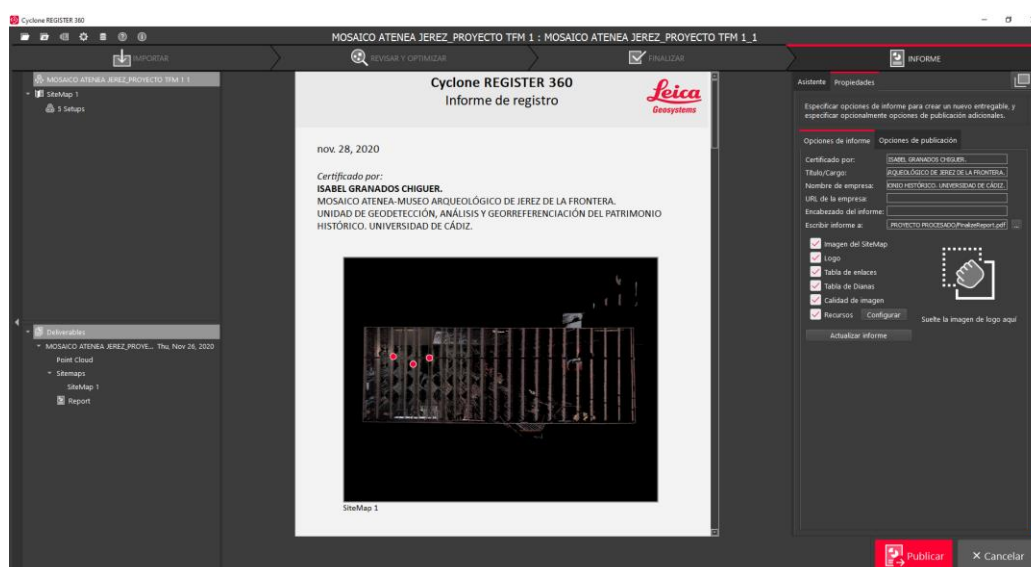


Fig. 123: Imagen final de la portada del informe. A la derecha, las opciones disponibles. Fuente: Elaboración propia.

Para terminar con este programa y continuar en el siguiente, Cyclone 3DR, en la misma pestaña de ‘Informe’, concluido este, iríamos a ‘Opciones de publicación’ y escogeríamos todas salvo ‘TruView Cloud’ y ‘JetStream Enterprise’, sin separar archivos o estacionamientos. Previamente, y aún a riesgo de ser cargantes, hemos de crear una carpeta de exportación y dentro de ellas subcarpetas nombradas según las extensiones de los archivos que en ellas se guardarán, ruta que habremos de darle en este paso al programa mediante la selección en los puntos suspensivos.

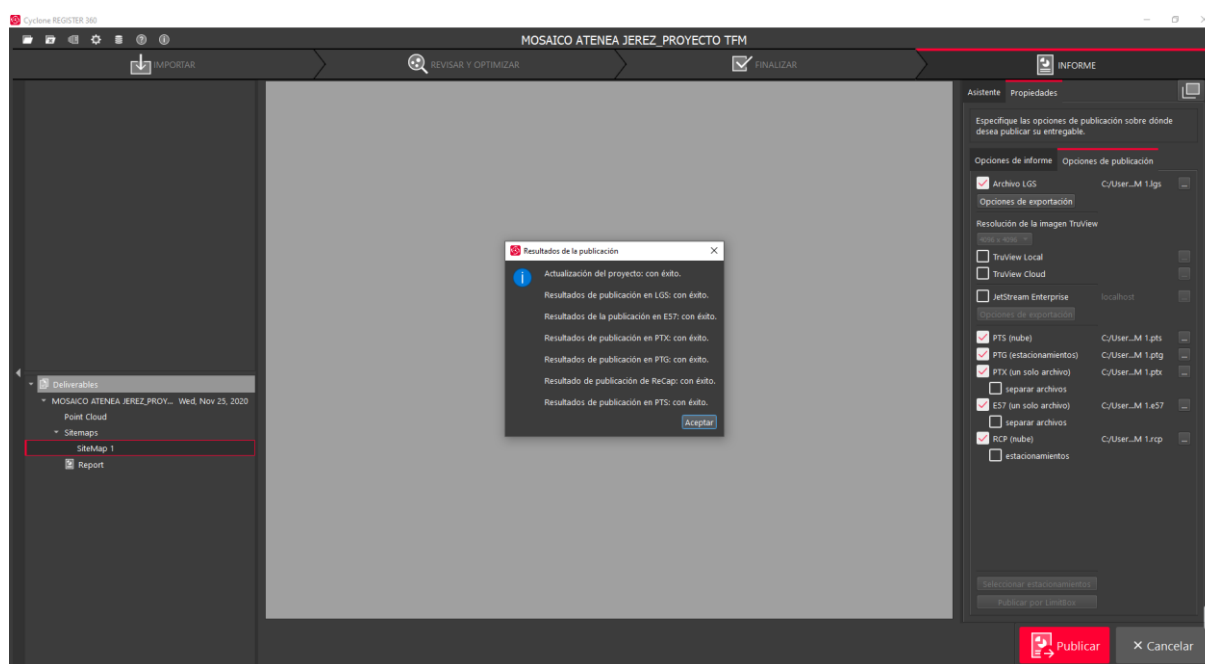
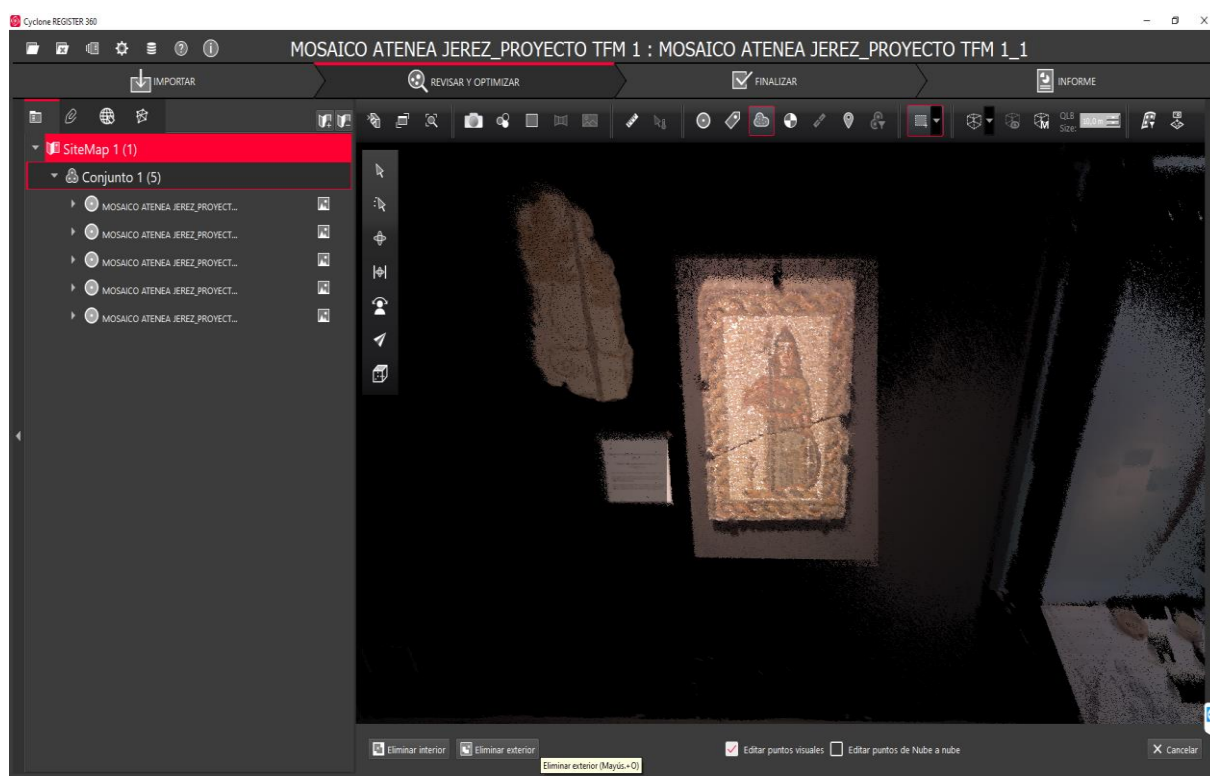
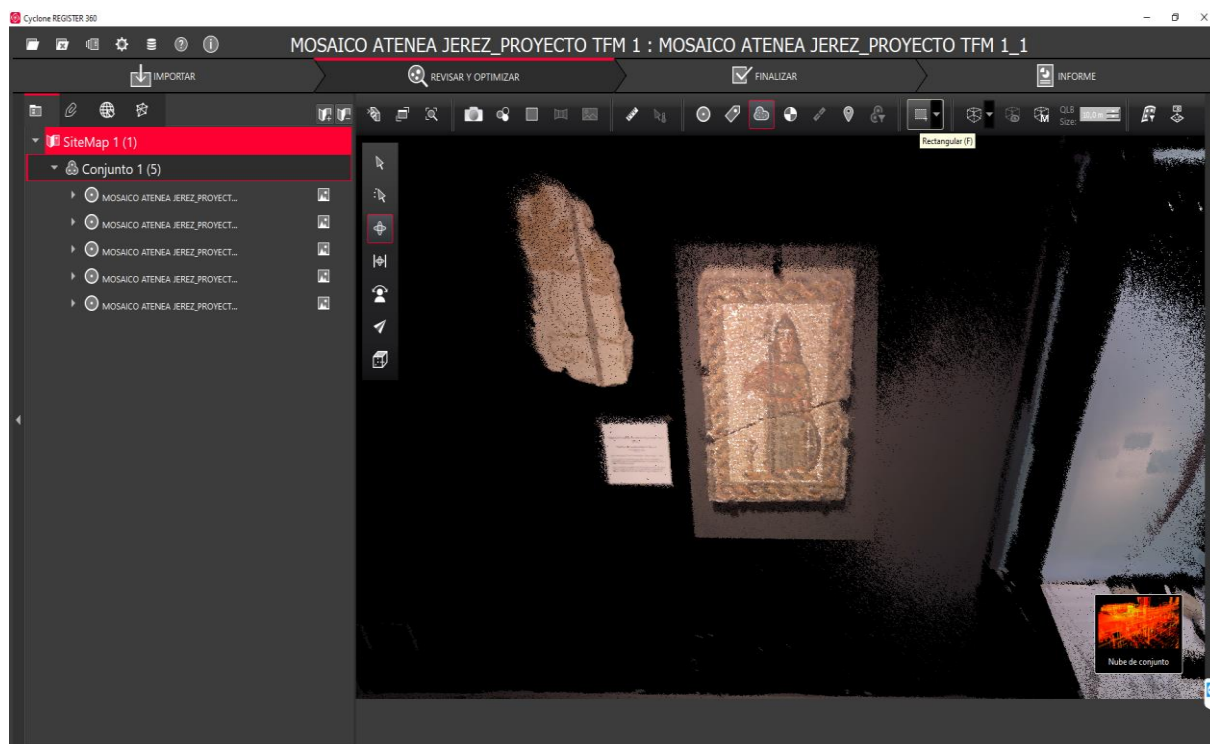


Fig. 124: Exportación en distintas extensiones de la nube de puntos. Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, cabe destacar, que aunque particularmente nosotros optamos por exportar la nube al completo, con toda la sala, lo cierto es que podríamos haberlo hecho directamente con solo el mosaico, recortando. Si esto hubiera sido así, en la pestaña de ‘Revisar y Optimizar’ habríamos ido a la vista ‘Nube de conjunto’ acercándonos al mosaico, una vez ahí, usando la herramienta rectangular, encorsetaríamos el pavimento en un rectángulo. Inmediatamente, bajo el panel central, a la izquierda, tendríamos la posibilidad de ‘Eliminar interior’ o ‘Eliminar exterior’, escogiendo esto último, la nube sería solo la del mosaico.



Figs. 125 y 126: Recorte desde Cyclone REGISTER 360. Fuente: Elaboración propia.

2. Cyclone 3DR.

En este segundo *software*, la idea básicamente es la reconstrucción, a partir de la nube de puntos generada, de la malla por triangulación y la texturización de la misma a partir de las fotografías que el propio escáner láser tomó.

Con este objetivo, entrando en Cyclone 3DR, lo primero que tendríamos que hacer sería cargar nuestra nube de puntos mediante la pestaña ‘CloudWorx’ y ‘Abrir LGS’, que como se recordará es una de las extensiones en que exportamos nuestro proyecto en Cyclone REGISTER 360. Para ello, se nos abrirá una ventana emergente en la que habremos de proporcionar la ruta adecuada al programa y, además, elegir las unidades de medida del proyecto en el panel de la derecha. Como sistema de referencia dejaremos el metro.

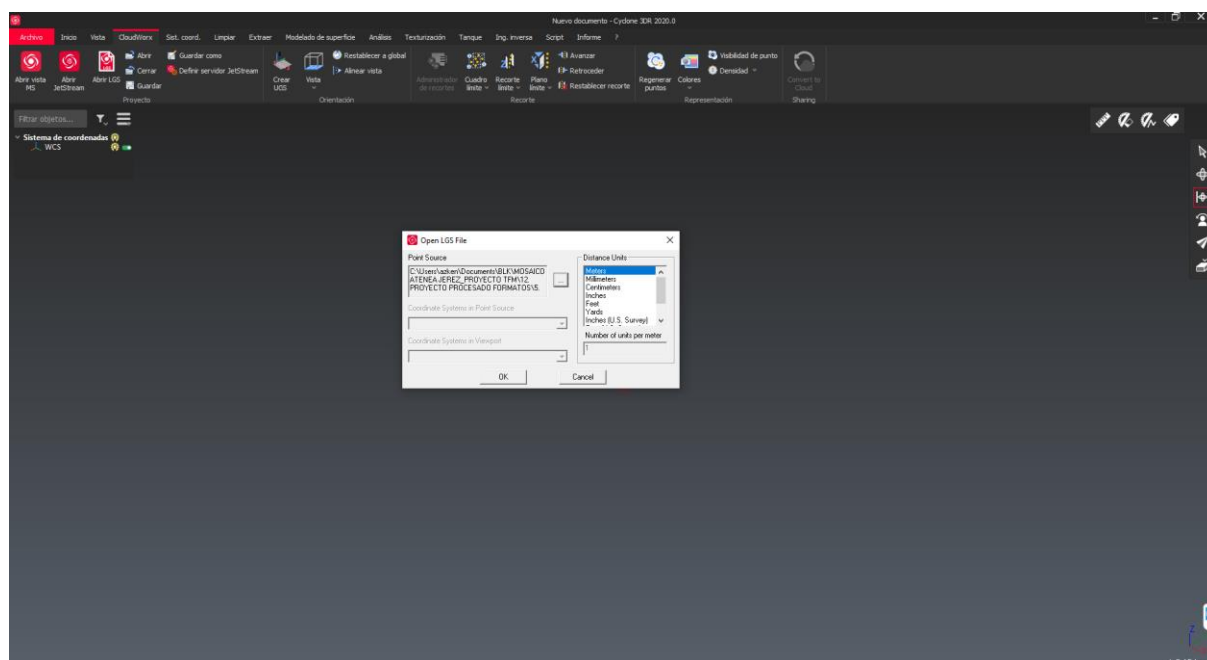


Fig. 127: Primer paso: *CloudWorx* y cargar la nube de puntos conseguida en Cyclone REGISTER 360. Fuente: Elaboración propia.

Una vez aceptada esta ventana, directamente se nos importaría la nube con la sala del museo escaneada al completo. En esta pantalla deberíamos fijar nuestra atención en dos elementos: a la izquierda, en la parte superior y bajo la barra de herramientas, un panel en que se irán generando las capas de trabajo (coordenadas, nubes de puntos, mallas, imágenes, etc.) que podremos activar o desactivar apagando o encendiendo la bombilla junto a cada una de ellas según nos convenga; y, a la derecha, en vertical, también bajo la barra de herramientas principal, contaríamos con los instrumentos necesarios para trabajar, desplazar o elegir las vistas de la nube u otros, de entre ellas las más usadas por nosotros serán la primera, sobre todo para seleccionar objetos o trabajar con útiles varios como luego mostraremos y, la segunda o

‘Perspectiva de la órbita’, que ayudaría al movimiento de la nube en rotación utilizando el clic del botón primario del *mouse* y moviéndonos de derecha a izquierda o, al traslado de la nube fija por la pantalla central manteniendo pulsado el botón secundario del ratón.

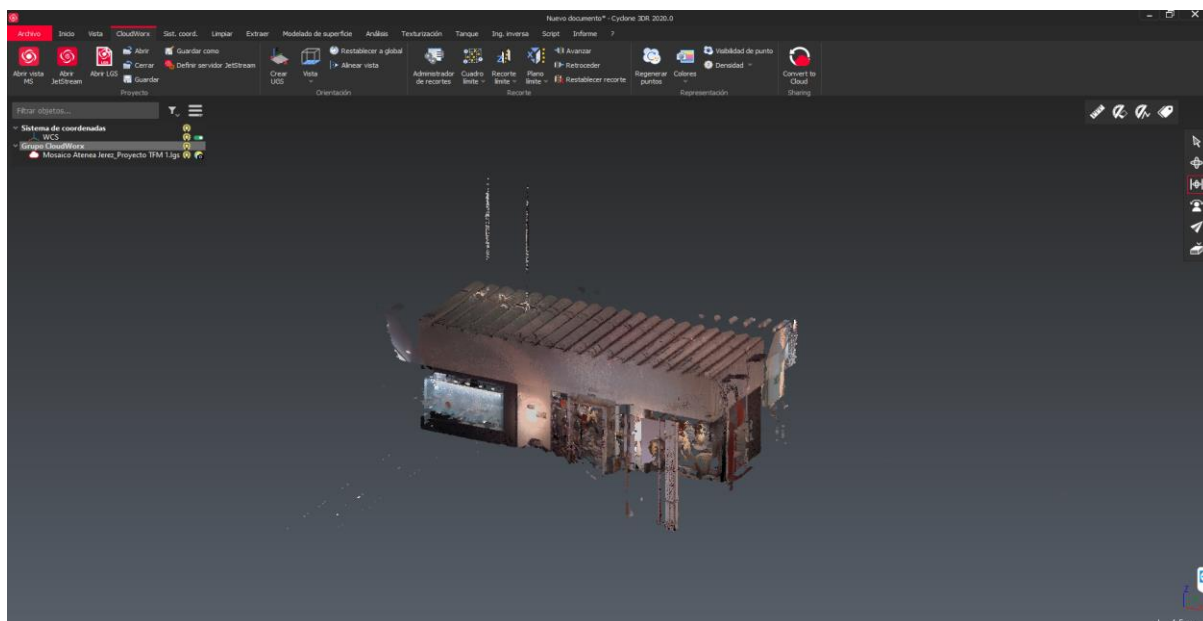


Fig. 128: Nube de puntos importada, panel de capas y herramientas de selección, desplazamiento y vistas de elementos. Fuente: Elaboración propia.

Importado el archivo en .lgs, en la misma pestaña de ‘CloudWorx’, iríamos a ‘Convert to Cloud’ y sobre el panel que generara esta herramienta, aceptaríamos.

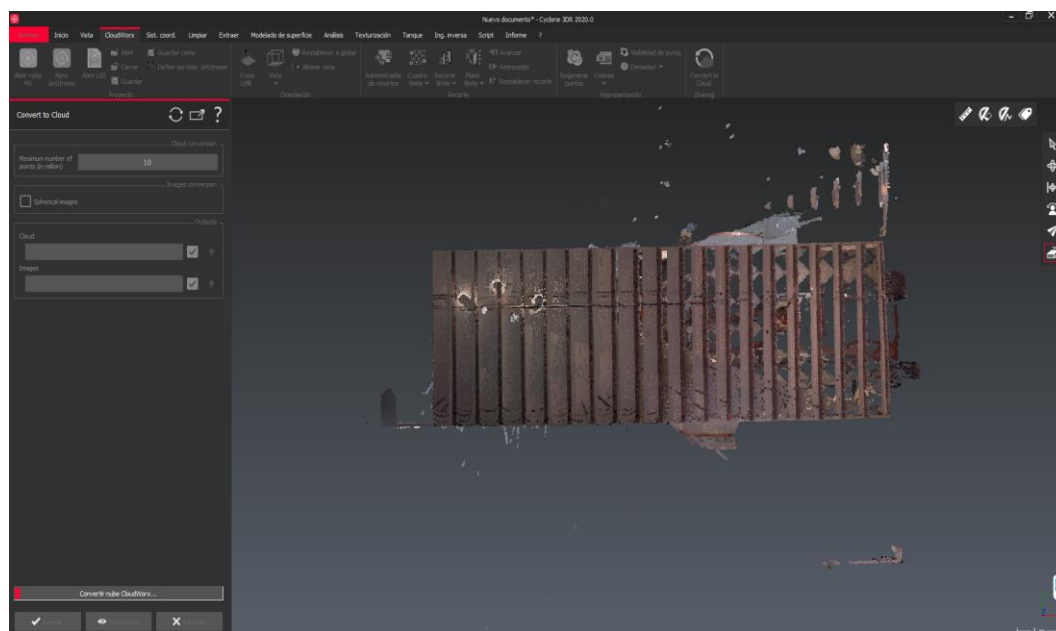


Fig. 129: Panel generado por ‘Convert to cloud’. Fuente: Elaboración propia.

Directamente podremos contemplar cómo en el panel de las capas han aparecido unas nuevas: primero, el ‘Grupo de nubes’, donde estará/n aquella/s sobre la/s que trabajemos y modifiquemos; en segundo lugar, el sistema de coordenadas; posteriormente, encontraremos el ‘Grupo de imágenes’ o fotografías que tomó el BLK360 y de las que nos serviremos para la texturización; y, por último, el grupo ‘CloudWorx’, en que la nube base será aquella primigenia que importamos desde Cyclone REGISTER 360.

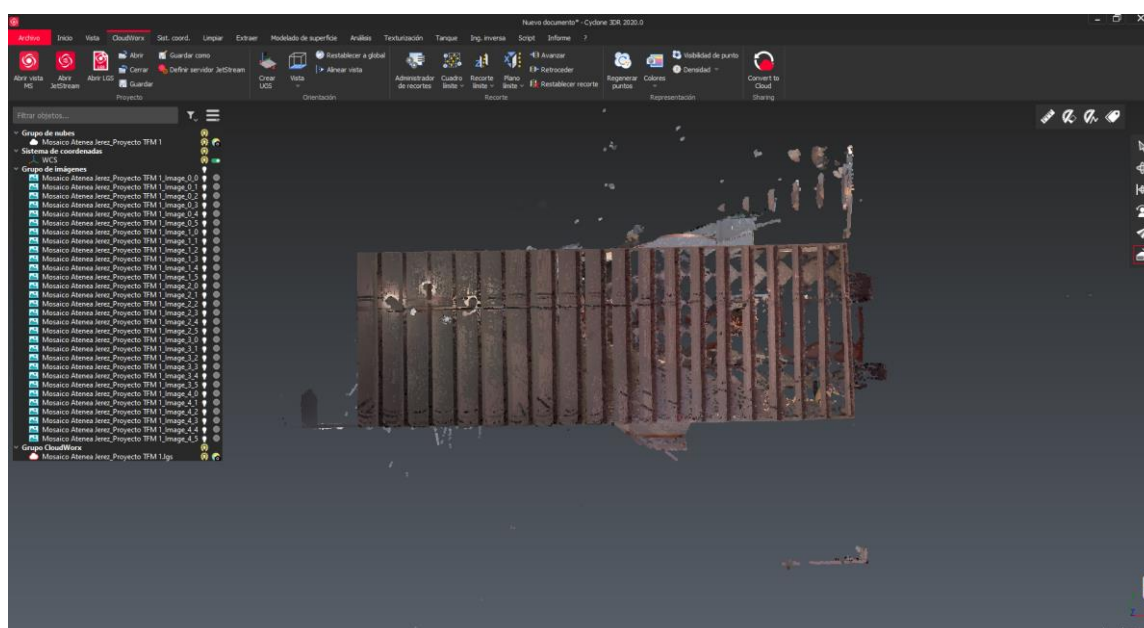


Fig. 130: Nuevas capas introducidas por ‘Convert to cloud’. Fuente: Elaboración propia.

En principio, no nos interesaría más que tener la capa primera y segunda desplegadas y encendidas, puesto que pasaremos a modificar la nube recortándola para quedarnos tan solo con el mosaico. Sabiendo en qué pared está ubicado -cerca de la esquina superior izquierda- podríamos seleccionar la herramienta en vertical ‘Vista ortográfica superior’ (como en la fig. 130) o bien ir a la pestaña de ‘Vista’ y dentro de ‘Vistas predefinidas’ elegir la que se ajuste mejor a nuestro objetivo.

Teniendo ajustada la nube en nuestra pantalla, bien seleccionando con un clic en el panel de capas la nuestra, ‘Mosaico Atenea Jerez_Proyecto TFM’, o bien con la herramienta en vertical semejante a un cursor ‘Seleccionar objetos’ y clicando sobre la propia imagen de la nube iríamos a la pestaña de ‘Limpiar’.

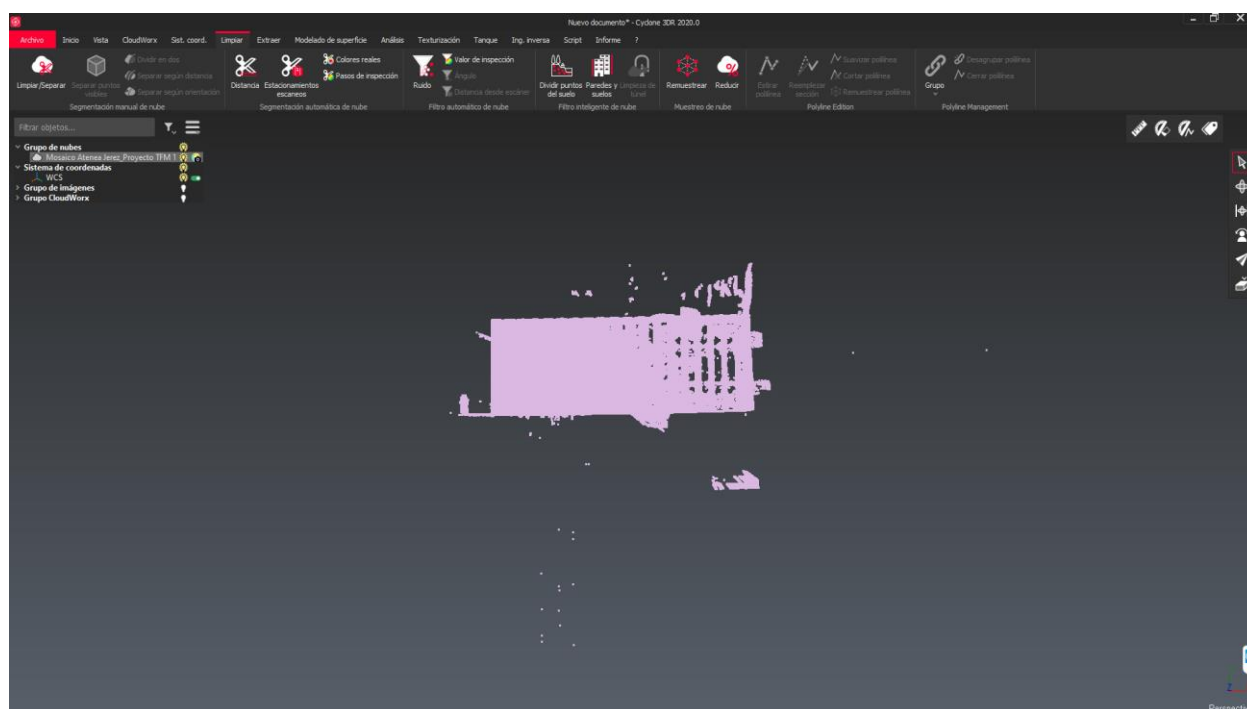
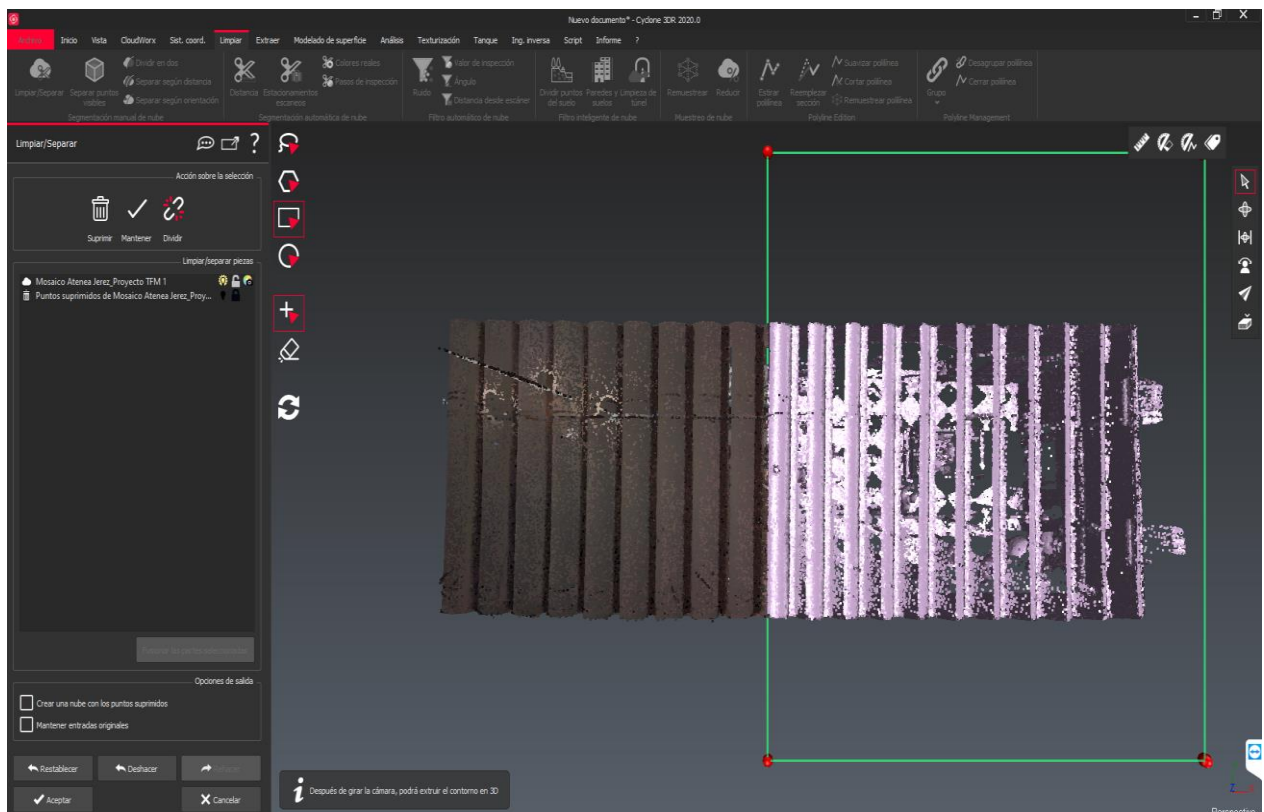
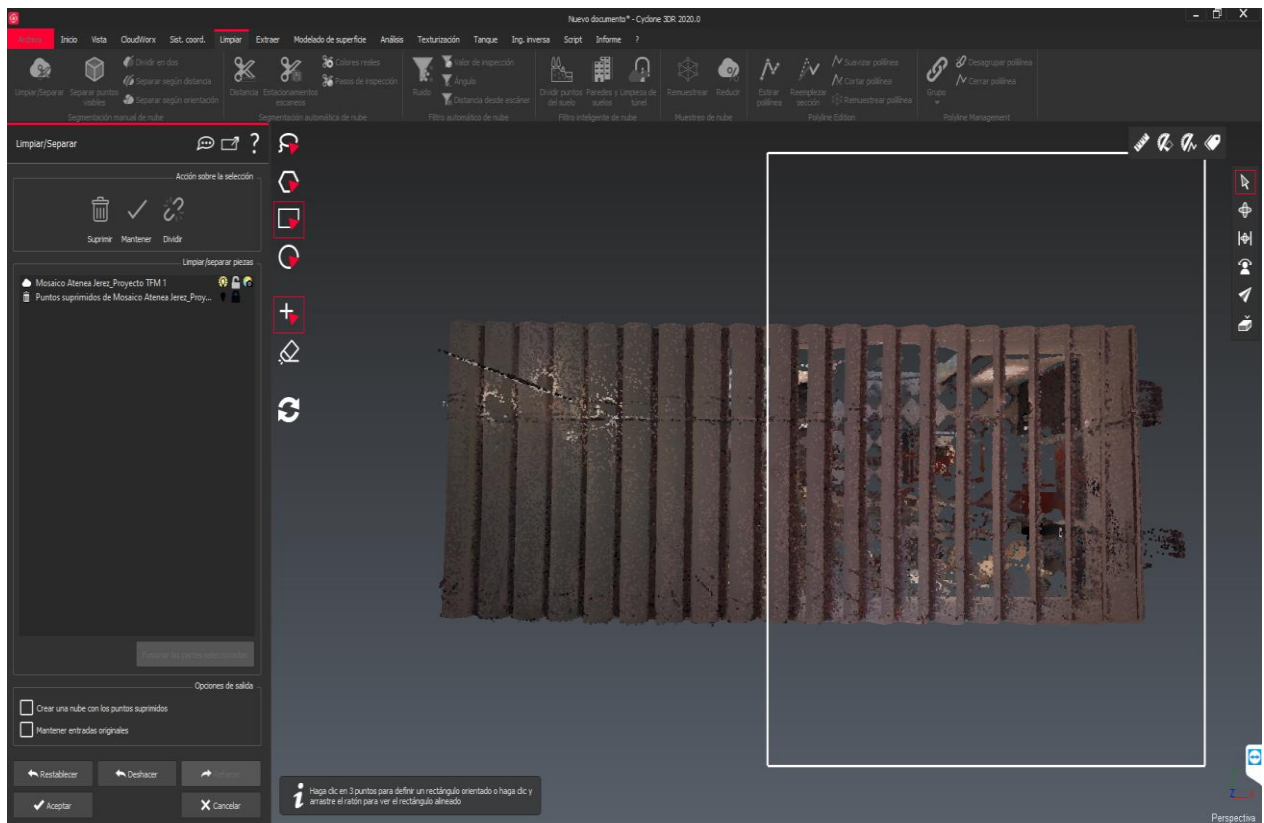


Fig. 131: Capa 'Mosaico Atenea Jerez_Proyecto TFM' seleccionada y barra de herramientas en 'Limpiar'. Fuente: Elaboración propia.

En ella, la primera opción que tenemos es la que escogeríamos, 'Limpiar/Separar'. Se nos desplegaría un panel a la izquierda en el que habría que considerar varios aspectos: primero, que la nube que hayamos elegido tenga el símbolo del candado abierto indicando que podemos modificar la nube; segundo, de entre las herramientas en vertical, optar por la que más se adecue -primeramente la rectangular es más útil en este caso-; y, tercero, en las herramientas de la derecha, tener seleccionado el cursor cuando vayamos a recortar siempre, esto es, si queremos cambiar las vistas con otros instrumentos, luego tendríamos que volver forzosamente a dicho cursor, solo podríamos hacer *zoom* mientras trabajamos con la rueda del *mouse*.

Con el recorte rectangular, haciendo clic en un punto y desplazando mientras se mantiene pulsado el botón primario del ratón, veríamos como se abriría un rectángulo dentro del que deberían quedar los puntos que queramos eliminar, soltando el clic y pulsando sobre 'Suprimir' en el panel de la izquierda borraríamos. En caso de que el rectángulo no fuera adecuado, para hacer uno nuevo bastaría con pulsar la tecla 'Escape' de nuestro teclado.

En total, para dejar al descubierto nuestro mosaico, haremos tres recortes, uno en planta, hacia la mitad de la sala; otro en una vista lateral, cortando la mitad que se correspondería a la pared frente al mosaico; y, finalmente, el último lo haríamos sobre el propio muro en que estaba el pavimento expuesto, despejándolo al completo. Mientras lo hacemos, todos estos irán a parar a una capa en el panel de la izquierda de 'Puntos suprimidos'.



Figs. 132 y 133: Recorte en planta de la mitad derecha de la sala del museo. Fuente: Elaboración propia.

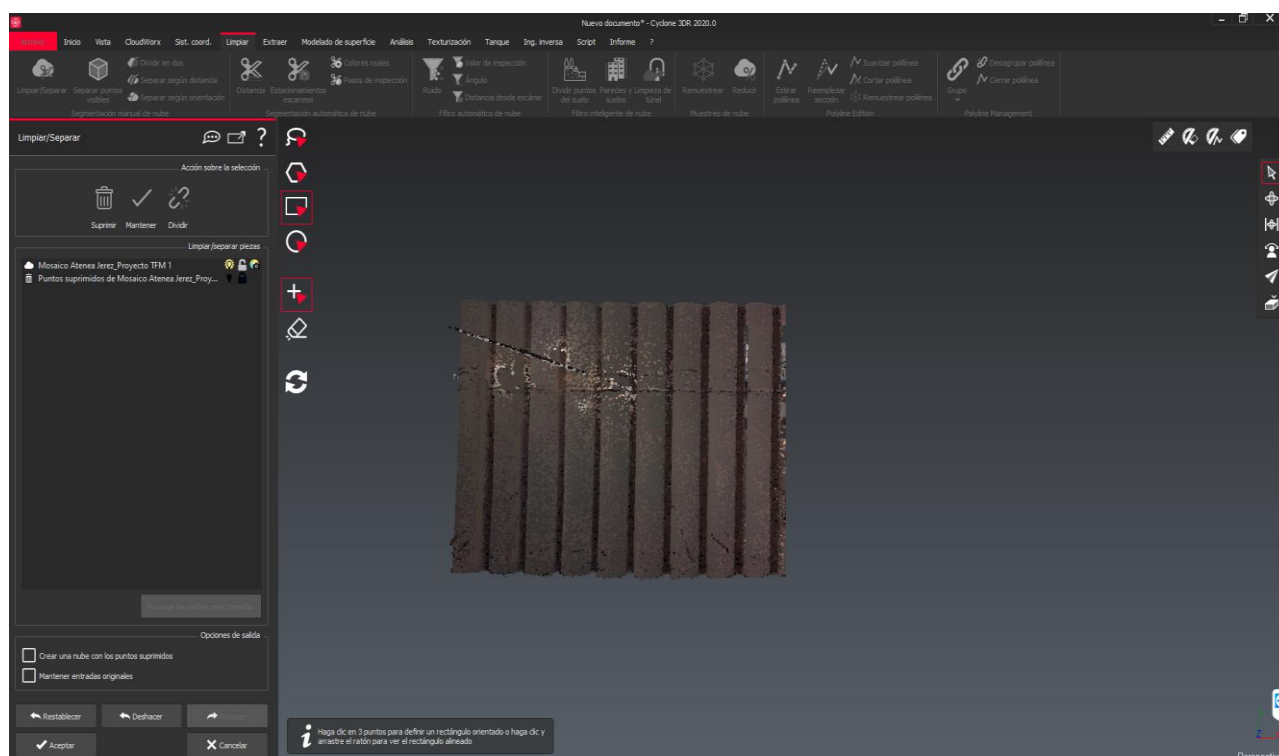


Fig. 134: Vista tras el recorte en planta de la mitad derecha de la sala del museo. Fuente: Elaboración propia.

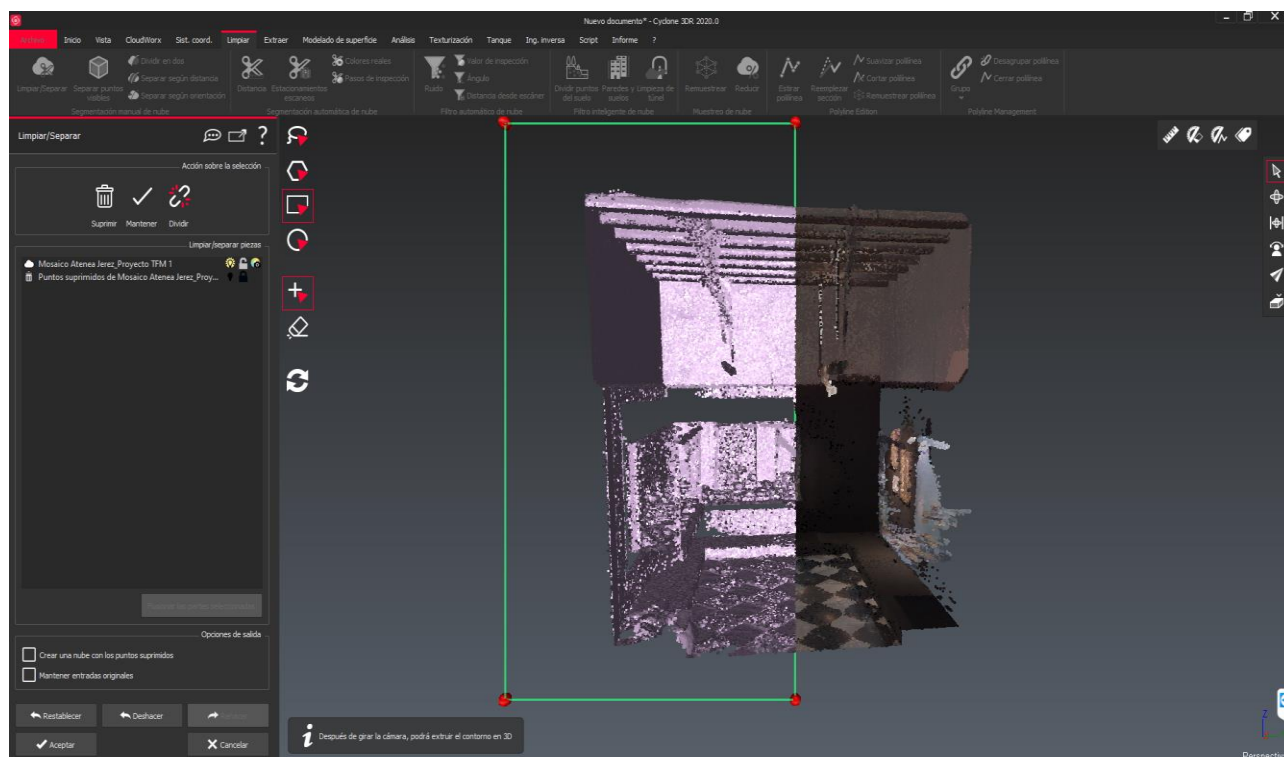


Fig. 135: Recorte en vertical de la mitad izquierda de la sala del museo, pared frente al mosaico. Fuente: Elaboración propia.

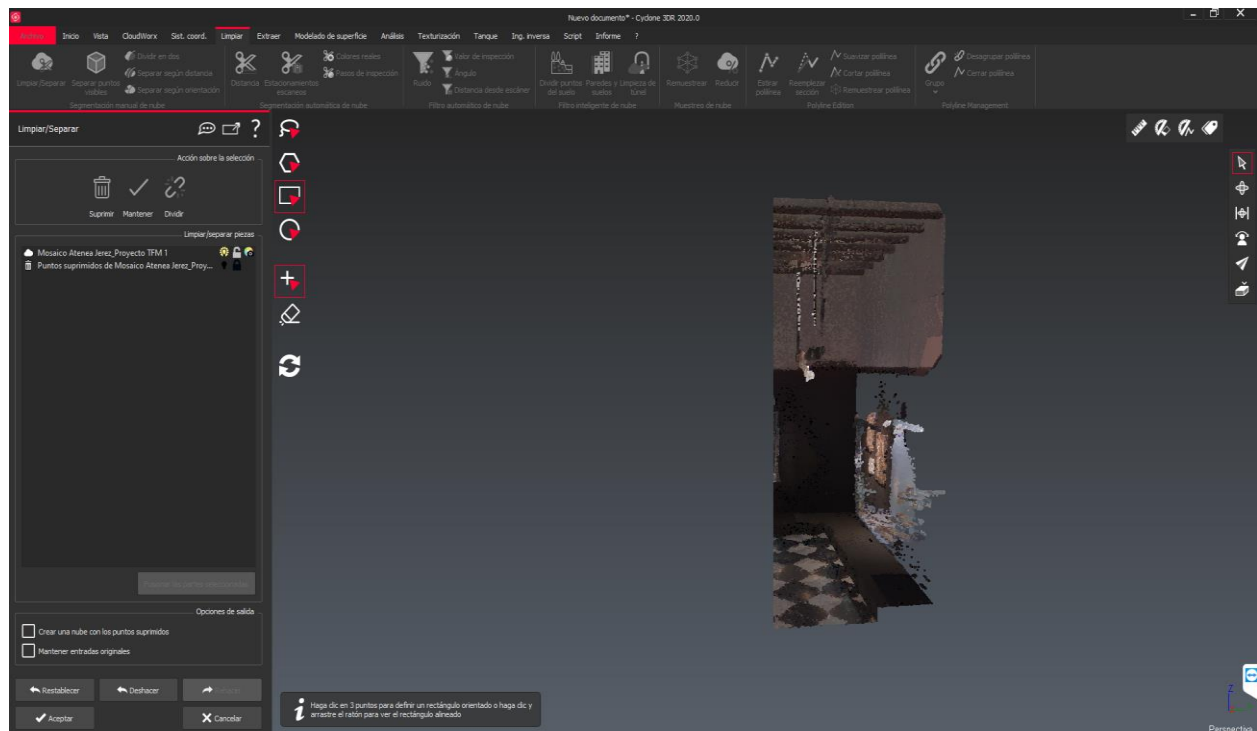


Fig. 136: Vista tras el recorte en vertical de la mitad derecha de la sala, pared de ubicación del mosaico.
Fuente: Elaboración propia.

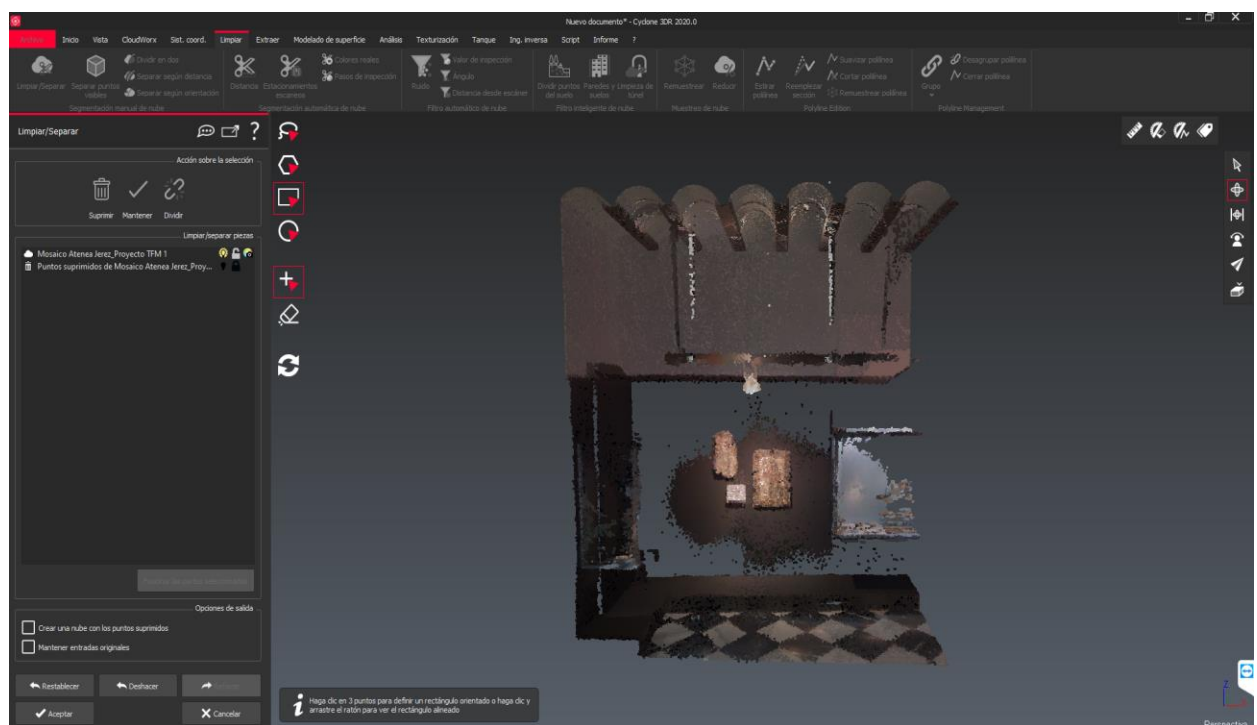


Fig. 137: Vista frontal de la pared en que se expone el mosaico. Fuente: Elaboración propia.

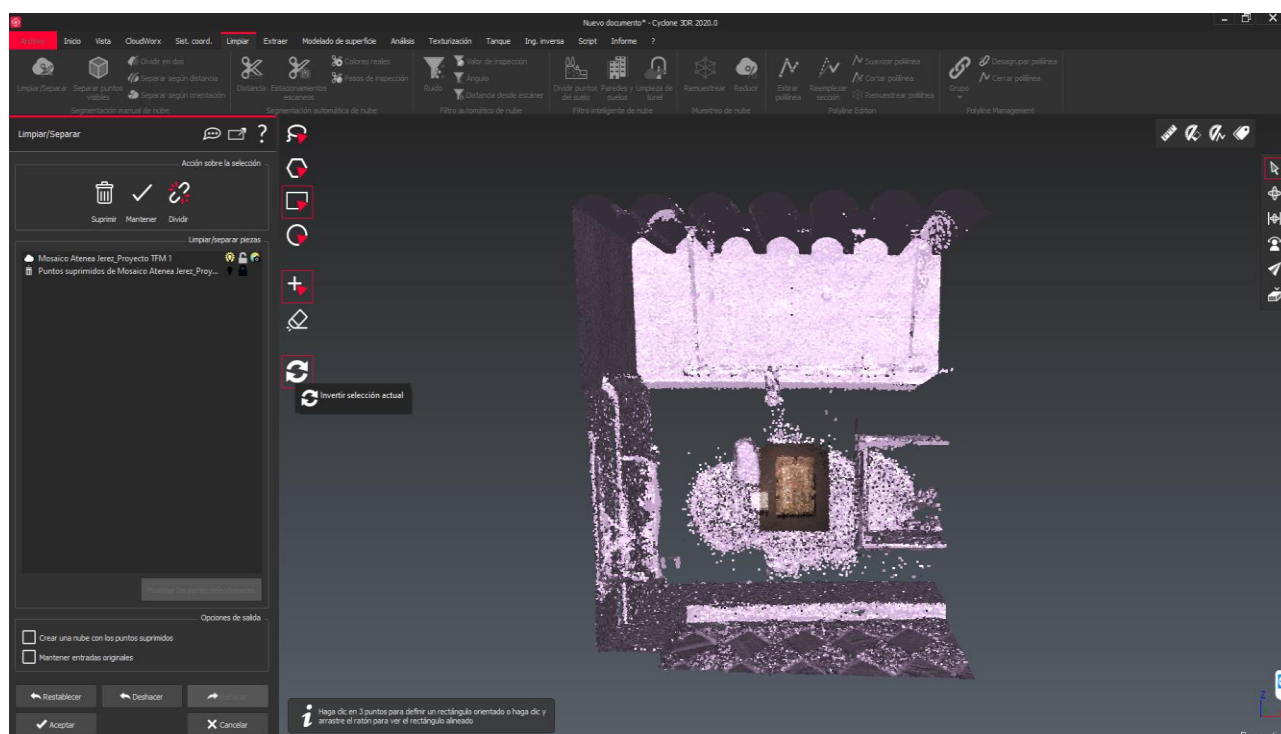


Fig. 138: Vista tras el recorte sobre la pared de exposición de la obra musiva, en que se utiliza la herramienta 'Invertir selección actual' para el rectángulo hecho alrededor del mosaico. Fuente: Elaboración propia.

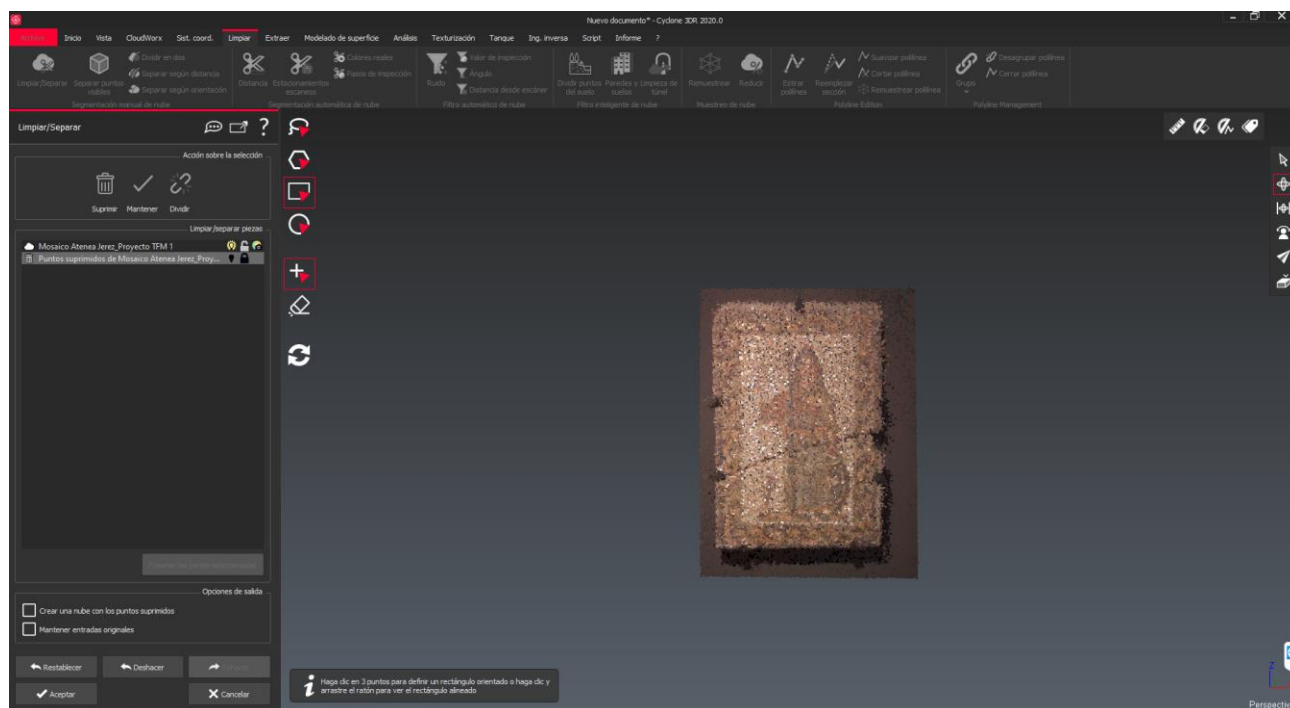


Fig. 139: Vista final del mosaico tras los recortes. Fuente: Elaboración propia.

Analizando la *fig. 138*, podría columbrarse que todos estos pasos previos podríamos habérmolos saltado, yendo directamente al mosaico, recortando su figura con la herramienta rectángulo e invertir la selección. Sin embargo, para cerciorarnos de que el recorte lo hacíamos de un modo más controlado, preferimos la opción que hemos presentado, de cara también a que se dilucidaran las dos posibilidades.

Teniendo ya nuestro mosaico al descubierto, haríamos su extrusión del contorno 3D, sin haber salido aún del panel en que hemos hecho los recortes. Con este objeto, cambiaremos la herramienta rectangular por la de lazo o ‘Herramienta para trabajar a mano alzada’. Con el cursor seleccionado, y un clic mantenido del botón primario, dibujaríamos alrededor del mosaico un recuadro. Soltando el botón, veríamos como la línea blanca se transformaría en unas líneas verdes con puntos rojos.

Tras ello, cambiaríamos la vista frontal del mosaico por una lateral con el útil ‘Perspectiva de la órbita’, justo bajo el cursor, al que habremos de volver inmediatamente después para, haciendo clic en una de las líneas verdes y manteniéndolo junto a ‘shift’ pulsada a la vez, arrastrar y extruir o dar forma a lo que luego será nuestro modelo 3D. Hecho esto solo tendríamos que aceptar en el panel de la izquierda que teníamos cuando comenzamos el proceso de limpieza.

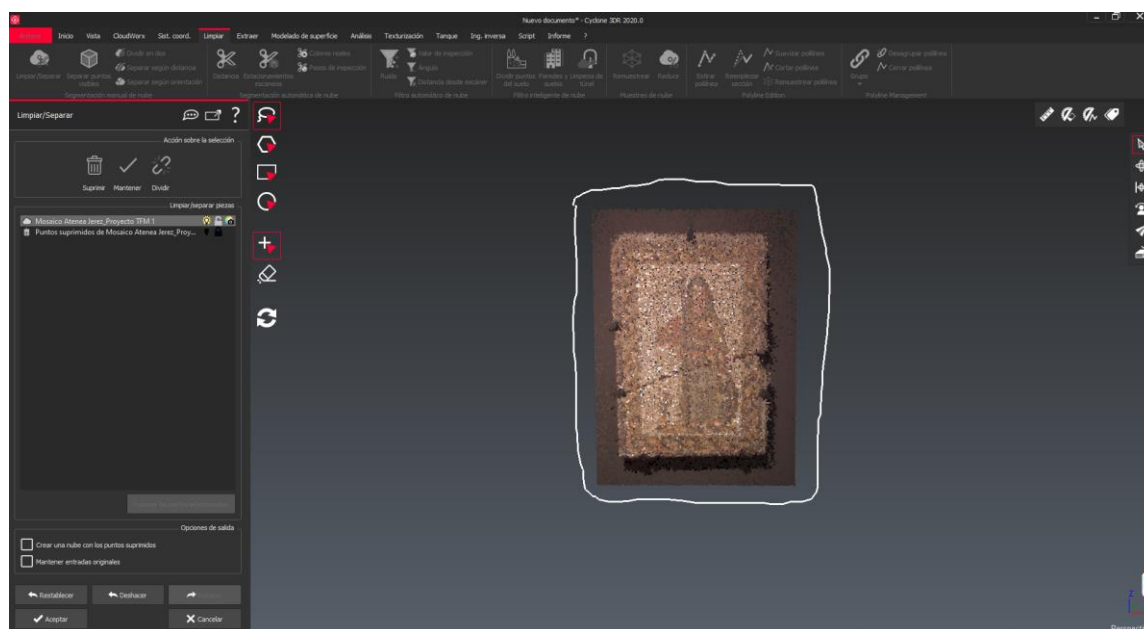
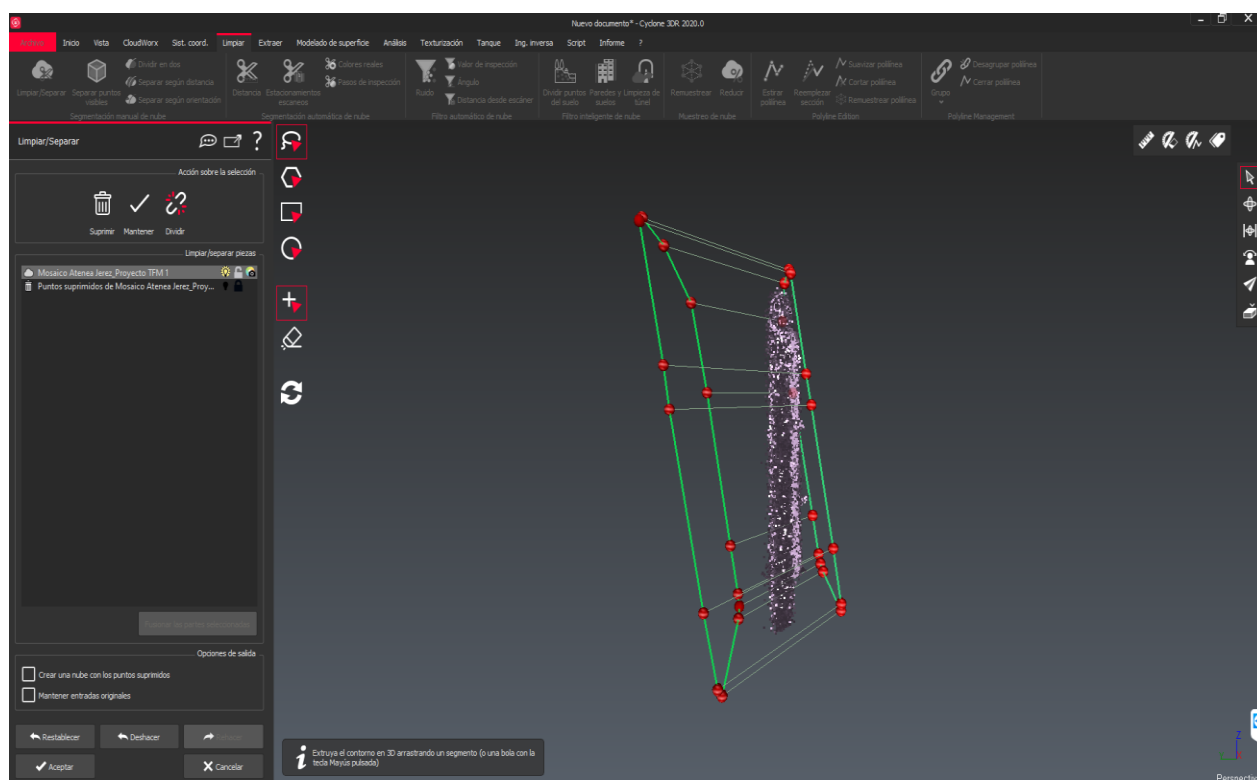
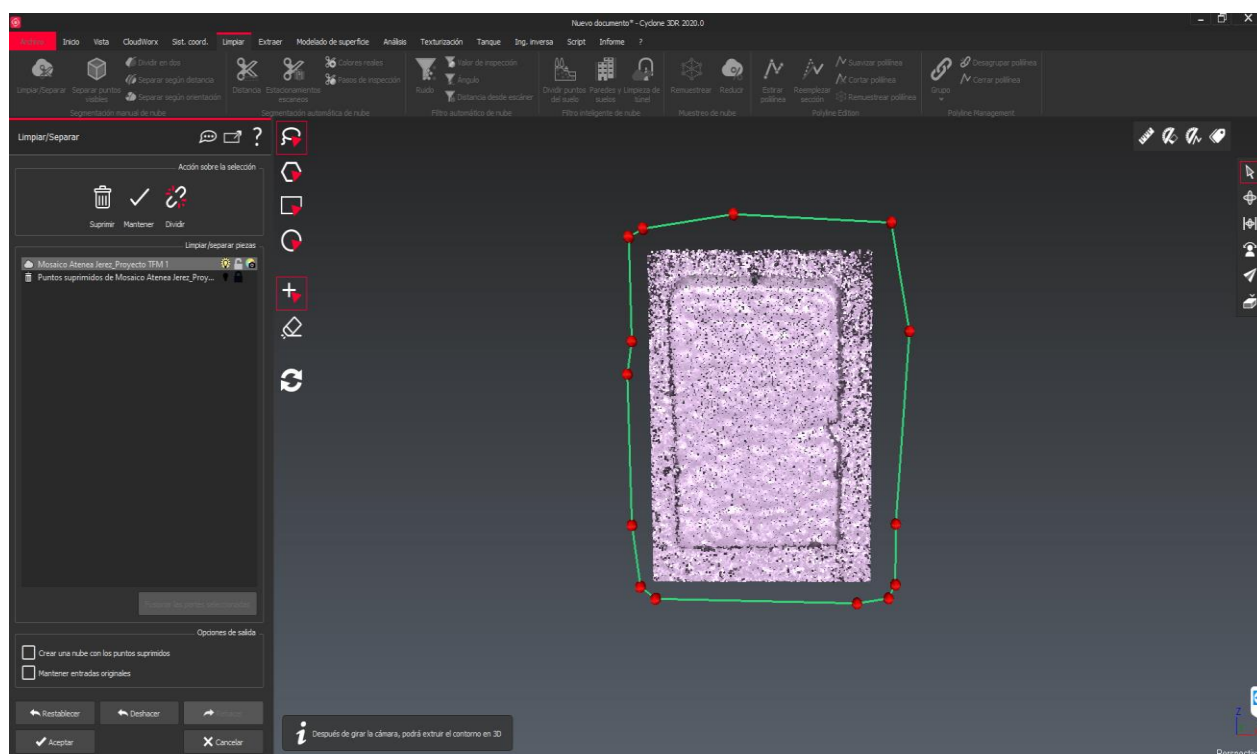


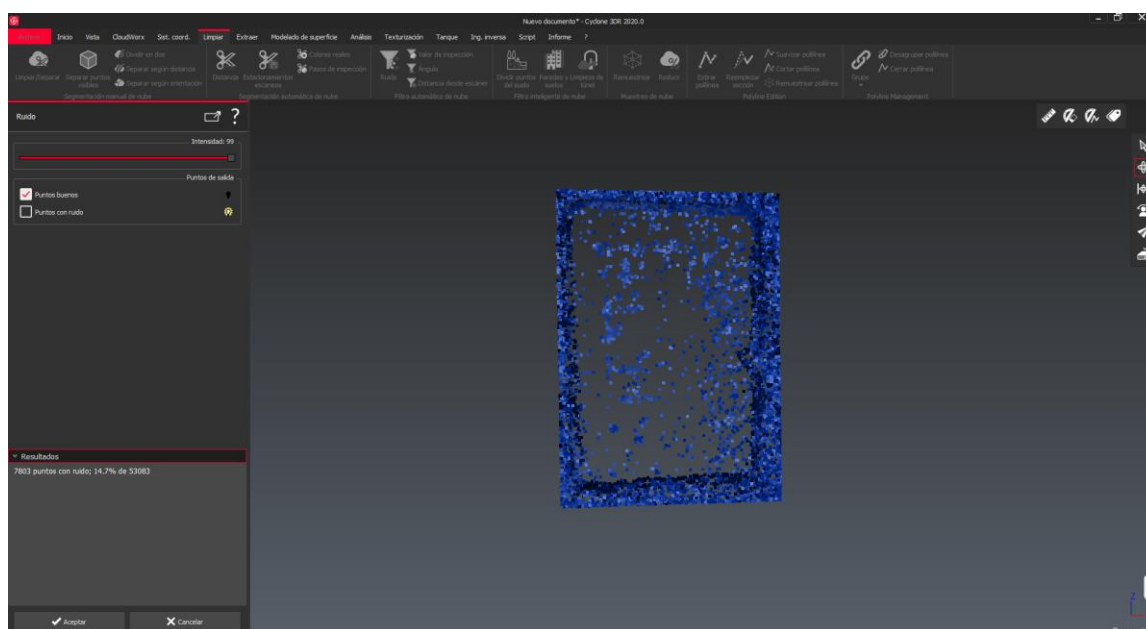
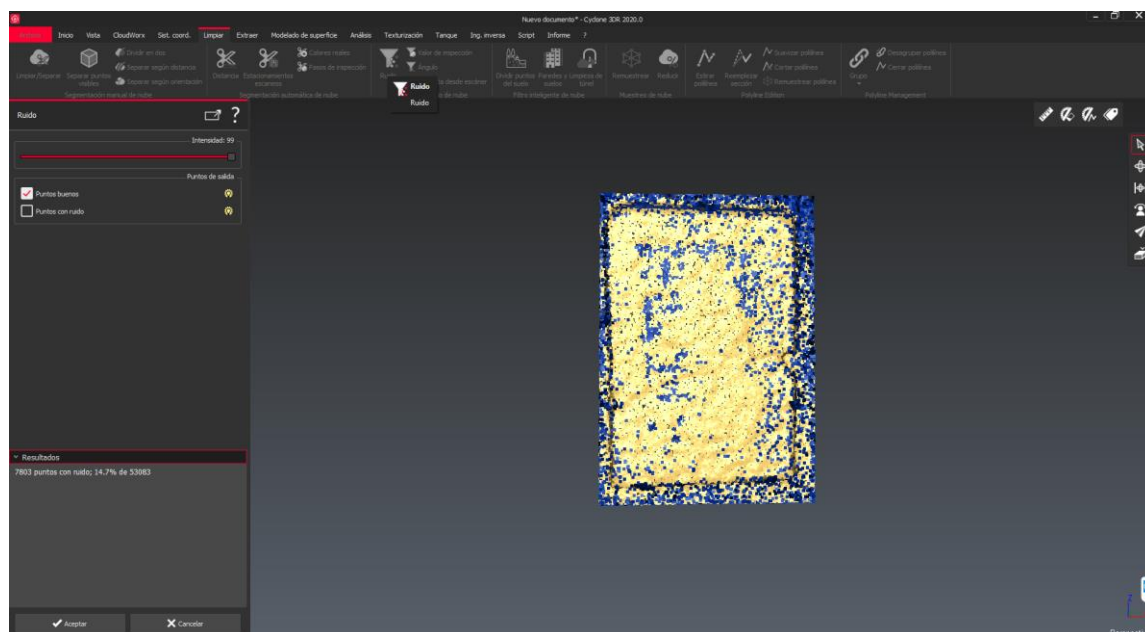
Fig. 140: Dibujo del contorno del mosaico con la ‘Herramienta para trabajar a mano alzada’. Fuente: Elaboración propia.

INTRODUCCIÓN A LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL EN EL ESTUDIO DE LA MUSIVARIA ROMANA.



Figs. 141 y 142: Extrusión del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Para ultimar el adecentamiento de nuestra nube, también en ‘Limpiar’, seleccionaríamos nuestra capa con el mosaico y utilizaríamos la herramienta ‘Ruido’, en que nos volvería a emerger un panel a la izquierda con una barra roja referida a la intensidad con la que queremos filtrar el ruido del mosaico, en este caso, los bordes negros de la pared que nos habíamos dejado. Justo debajo de la línea roja para la intensidad del filtro, si apagamos la bombilla de ‘Puntos buenos’, podremos contemplar aquellos que se borrarán al aceptar el panel.



Figs. 143 y 144: Filtro de ruido en su máxima intensidad. Primera vista con los puntos buenos y malos encendidos y segunda con los buenos apagados. Fuente: Elaboración propia.

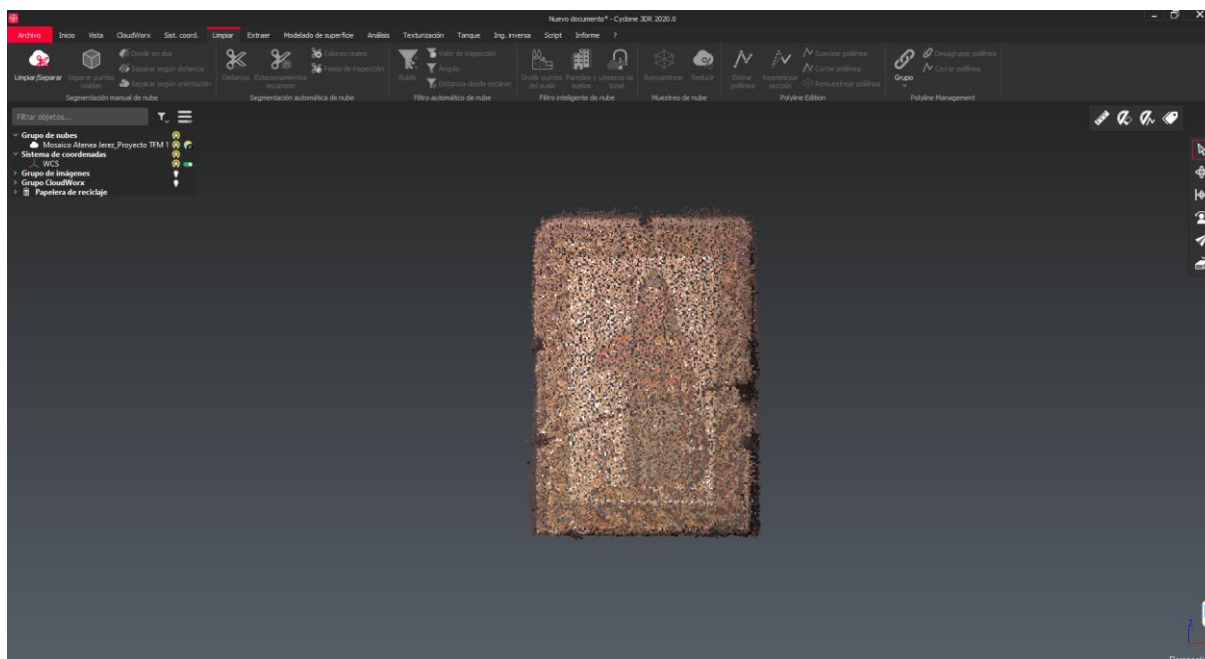


Fig. 145: Vista del mosaico tras el filtro de ruido aplicado. Fuente: Elaboración propia.

Completada esta primera fase, vendría una segunda en que ya procederíamos al mallado. En la pestaña de ‘Modelado de superficie’, teniendo la nube seleccionada, escogeríamos ‘Malla 3D’, con lo que a la izquierda de nuevo nos volvería a surgir un panel de selección. En él, primeramente, tendríamos que hacer un ‘Muestreo regular’, y utilizar como ‘Distancia promedio entre puntos’ 0.007 m, y en ‘Detección de orificios’ un ‘Tamaño del triángulo’ de 0.6 m. Aceptando, se nos generaría una nueva malla, que si queremos ver junto a la triangulación, tendríamos que hacer clic secundario sobre ella y en ‘Representación’ elegir ‘Plana + alambre’.

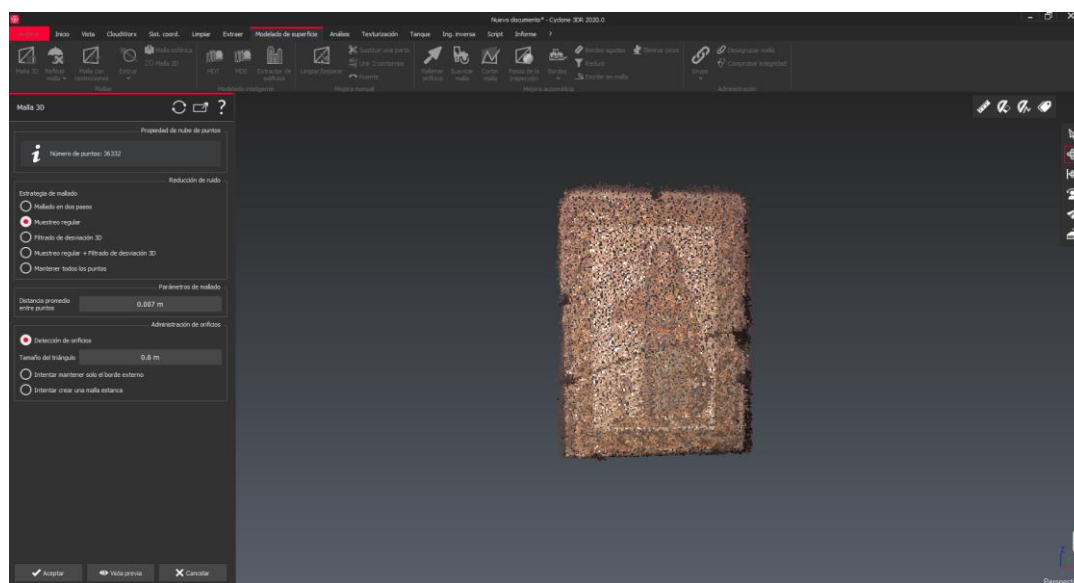
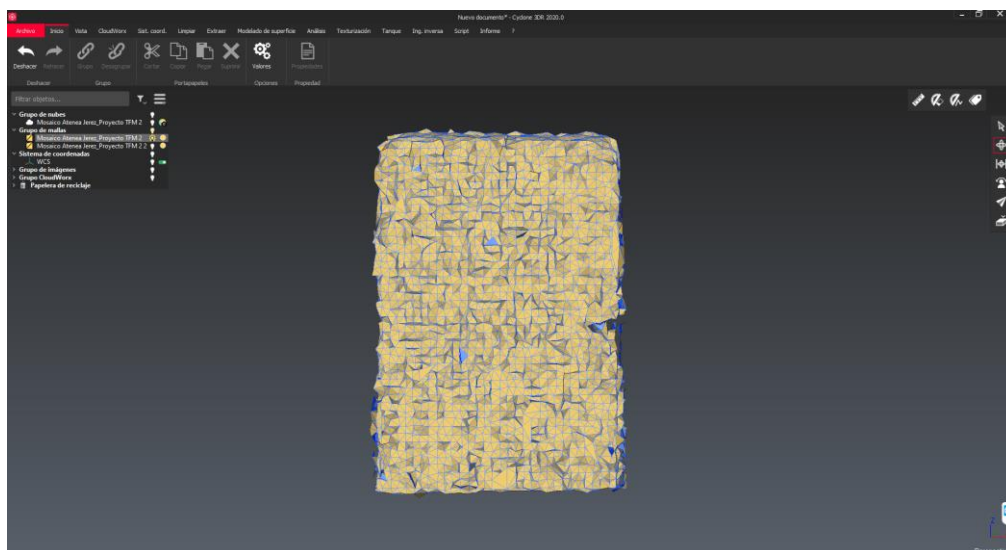


Fig. 146: Primer paso en el mallado: muestreo regular. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de ese primer proceso, no serán los correctos, sino que obtendremos una triangulación más que deficiente. No obstante, si sobre ella, ya ubicada su capa en el ‘Grupo de mallas’ automáticamente, hacemos de nuevo el proceso de ‘Malla 3D’ y ahora un ‘Mallado en dos pasos’ alcanzaremos mejores resultados. En el primer paso dejaríamos los valores que vienen por defecto y aceptaríamos. En el segundo, que sería el de ‘Refinar malla desde la interpolación de la nube’, también optaríamos por los parámetros calculados automáticamente por el *software*.



UCA
Universidad Católica

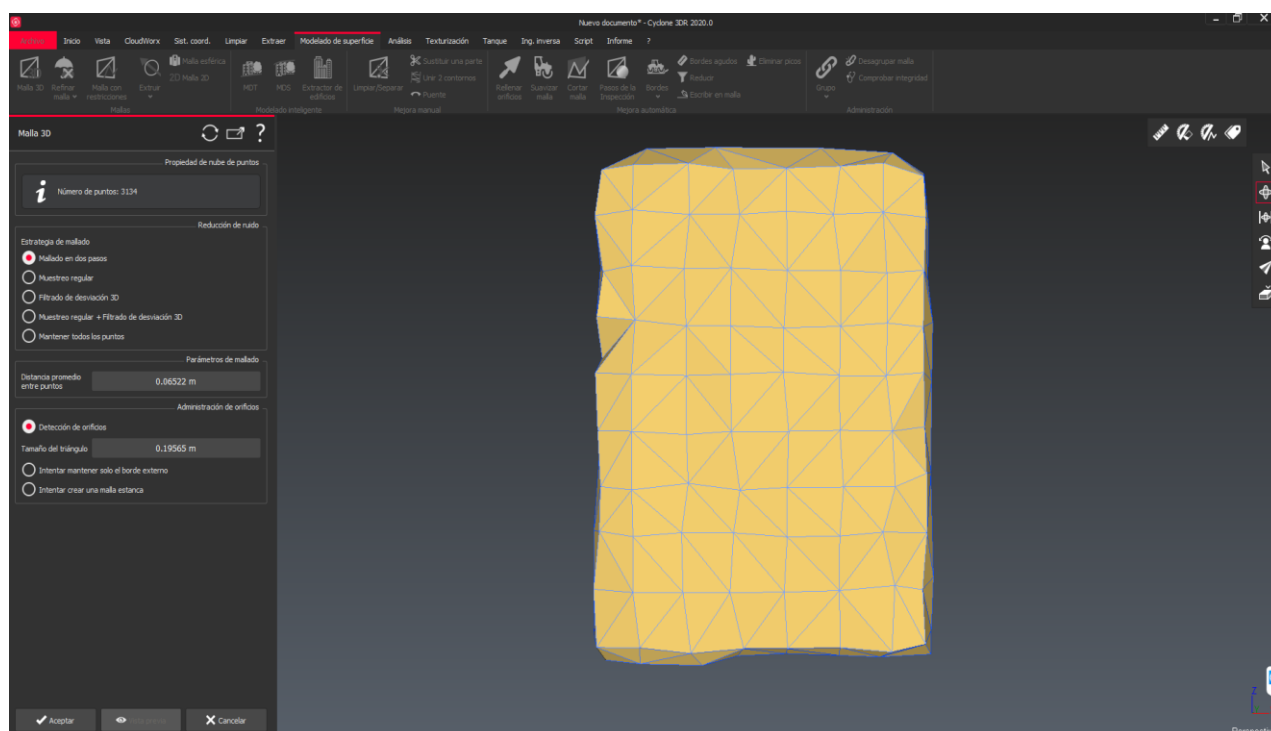


Fig. 149: ‘Mallado en dos pasos’: parámetros y resultados del primer paso. Fuente: Elaboración propia.

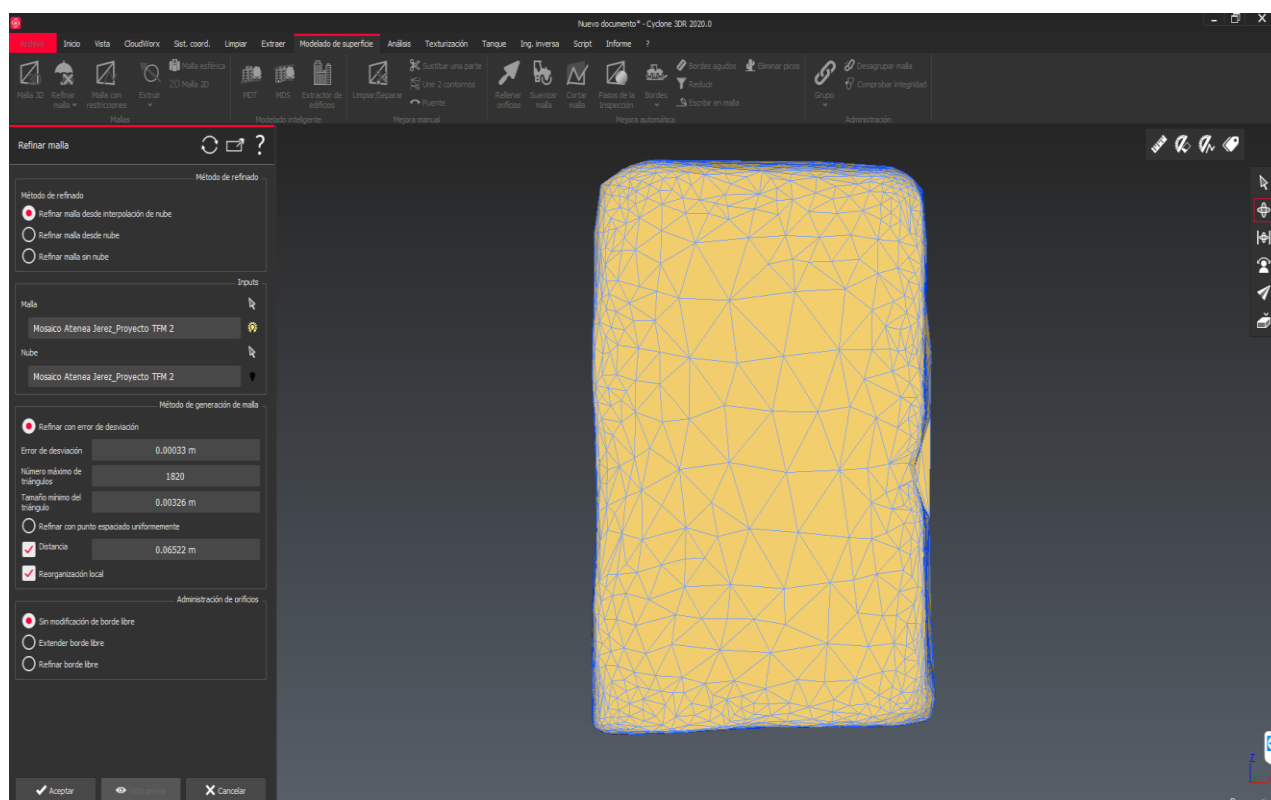
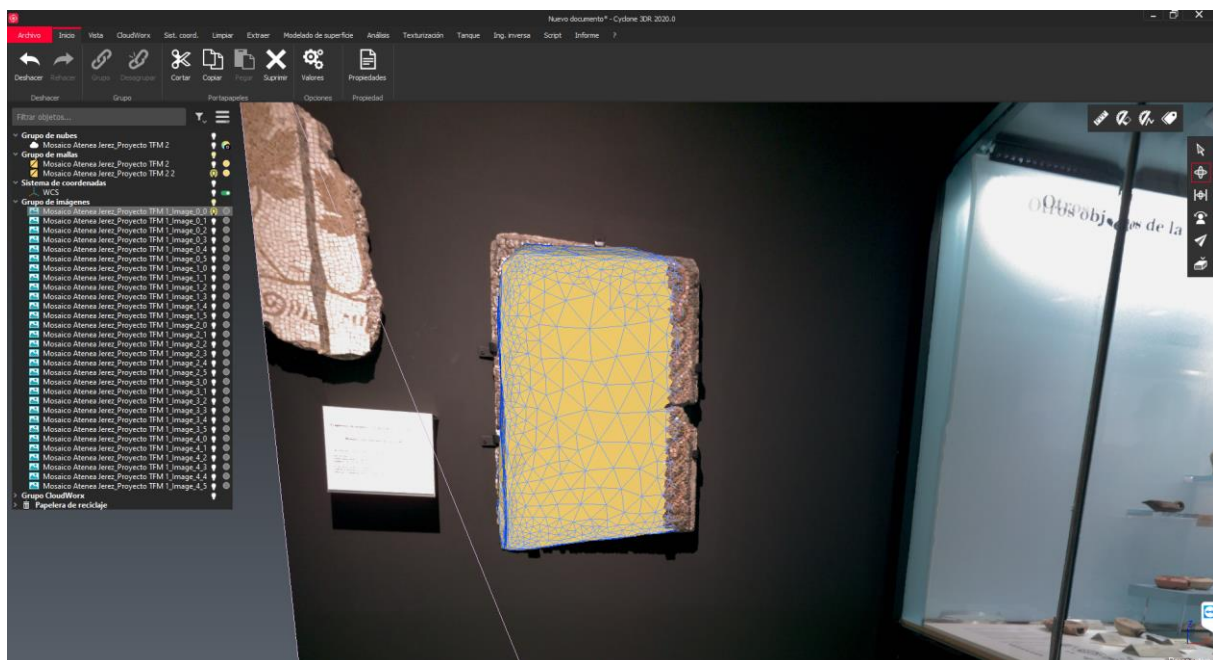
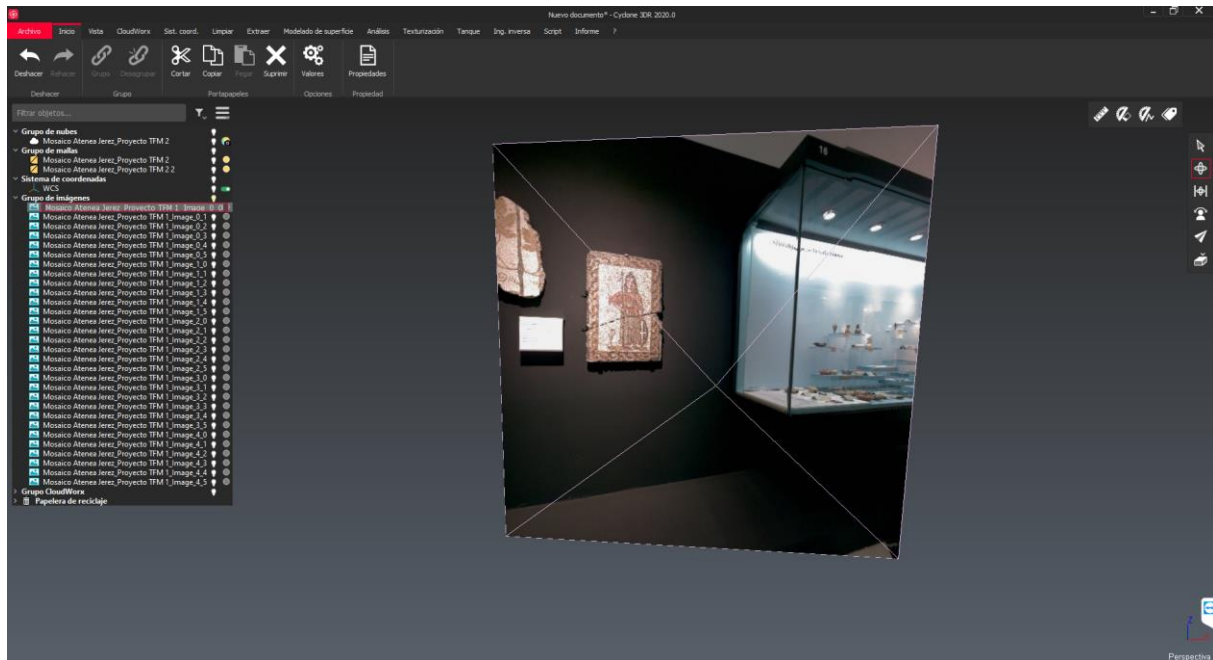


Fig. 150: ‘Mallado en dos pasos’: parámetros y resultados del segundo paso. Fuente: Elaboración propia.

En el ‘Grupo de mallas’, tendríamos que trabajar sobre la segunda creada, aquella con mejor refinamiento. El propósito sería el de añadirle la textura a través de las fotografías que hizo el BLK360, para lo que tendríamos que consultar el ‘Grupo de imágenes’. Si pinchamos sobre la bombilla junto a cada una de las fotos y la encendemos, podremos ver aquellas que contengan el mosaico. E incluso si activamos la malla, veremos la situación de esta sobre la foto.



Figs. 151 y 152: Vista de la primera de las fotografías y de la malla sobre la fotografía, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Tras comprobar cuáles son las imágenes en que sale nuestro mosaico de alguna manera, haciendo clic sobre ellas mientras mantenemos pulsada la tecla ‘Control/ctrl’, sumamos la malla refinada, iríamos a la pestaña ‘Texturización’ y optaríamos por ‘Textura desde imágenes’, que generaría un panel en que habríamos de seleccionar los parámetros deseados en el ‘Área a texturizar’ y ‘Elección de imagen’. Si intercambiamos entre ellos y elegimos ‘Vista previa’, podríamos ver el resultado final, comprobando que lo mejor no es escoger varias fotos dado que, aunque optemos por ‘conservar continuidad’, seguramente los cambios de luz provoquen ‘parches’ en la textura.

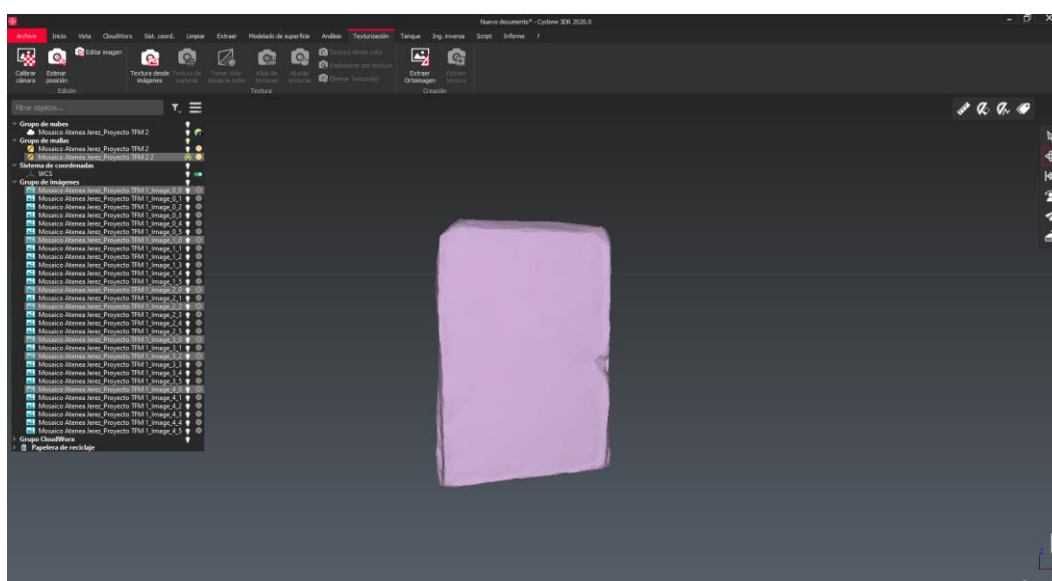


Fig. 153: Selección de fotografías y malla en ‘Texturización’. Fuente: Elaboración propia.

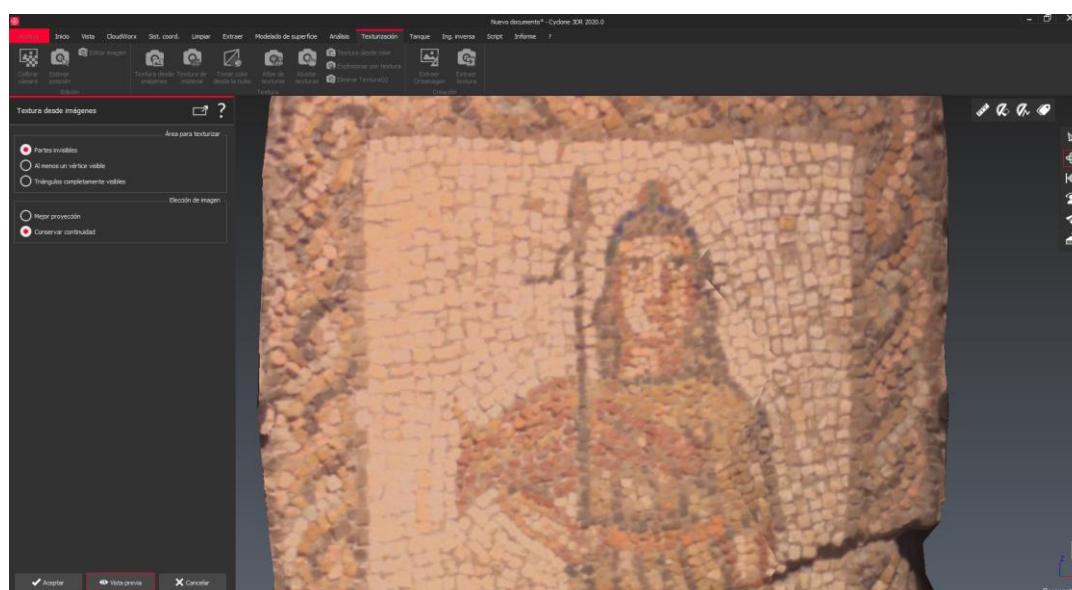


Fig. 154: Parche en creación de texturas. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, optamos por elegir tan solo una de las fotografías en que la luz era algo más clara -aunque sobrepuesta- y el mosaico podía verse frontalmente sin crear esos parches que impidan la correcta visibilidad, teniendo como resultado el modelo en la *fig. 155*.

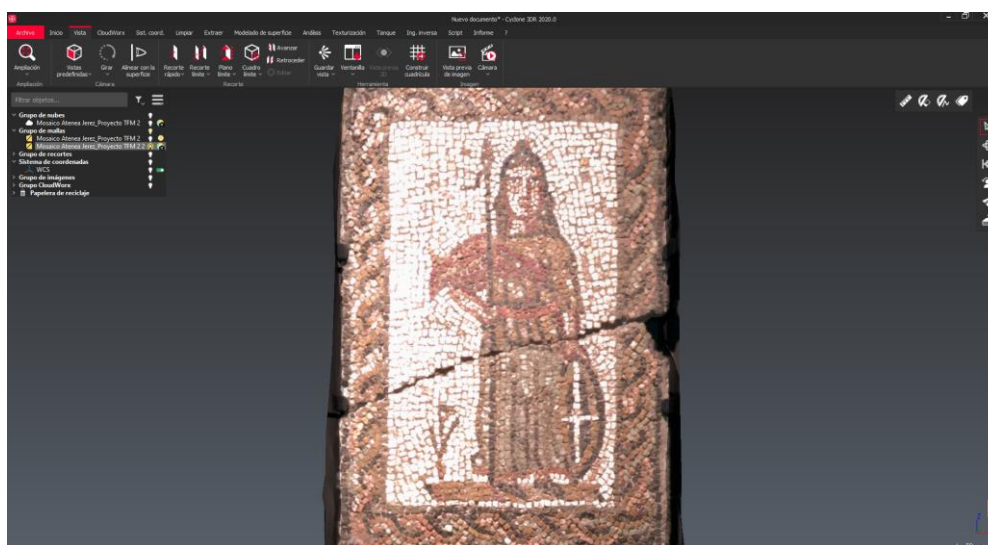


Fig. 155: Textura final. Fuente: Elaboración propia.

Una óptima percepción del modelo facilitaría bastante lo que luego sería el examen de las medidas y el error que tenemos en él. Esto nos ha sido bastante difícil por la resolución de imagen del BLK360, y la sobre y subexposición de las mismas. No obstante, sobre la ‘Tesela 4’, aquella en el extremo del escudo, es donde mejor hemos podido medir, con la herramienta ‘Medir distancia’, donde el error que arrojaba era de dos centésimas de milímetro.

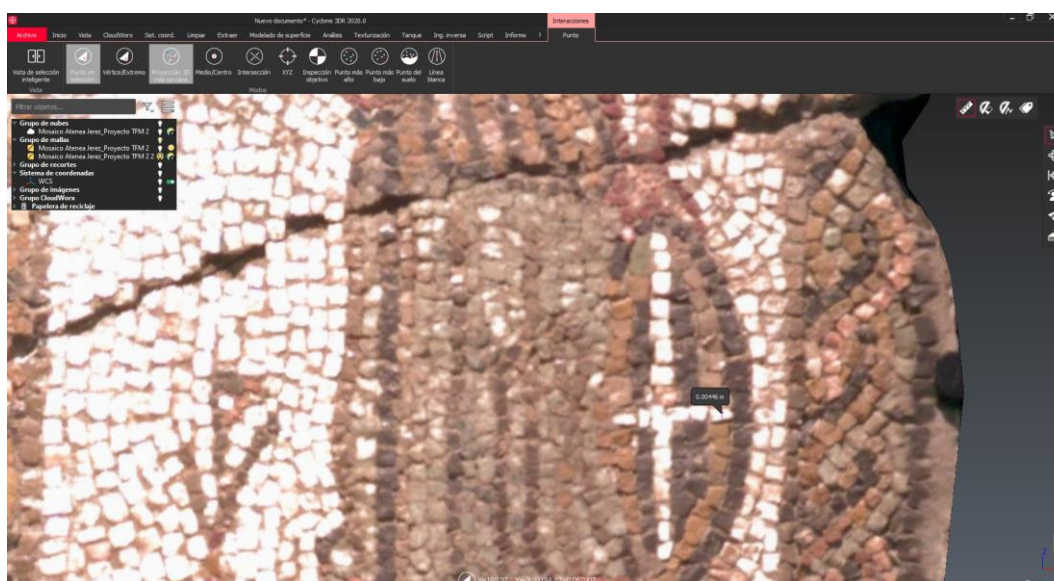
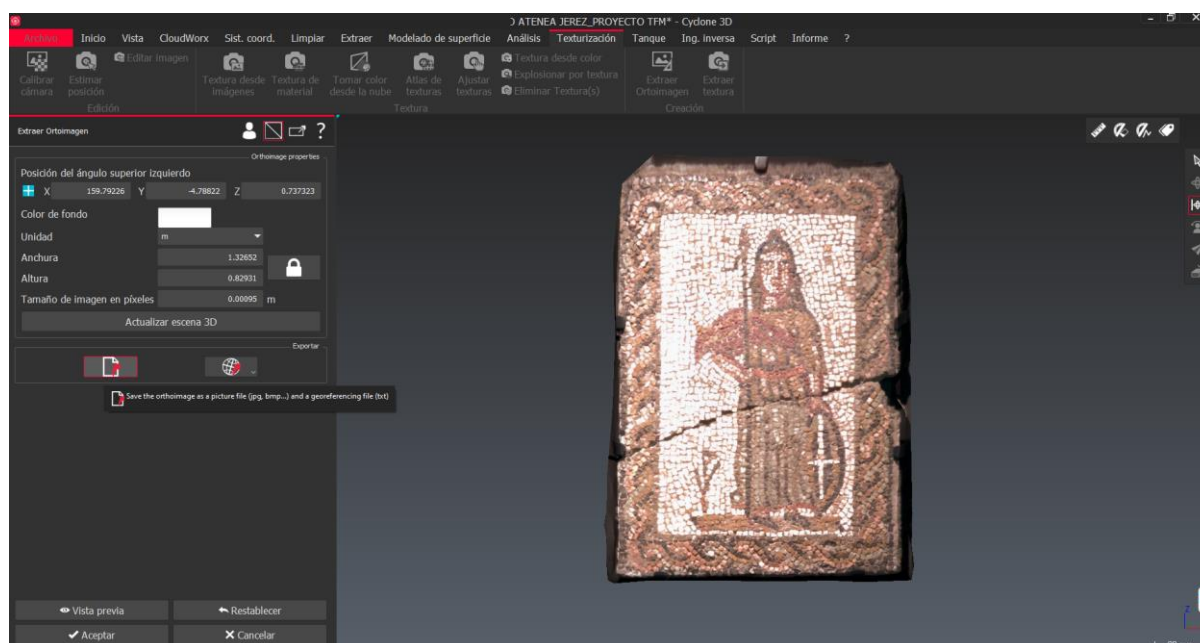
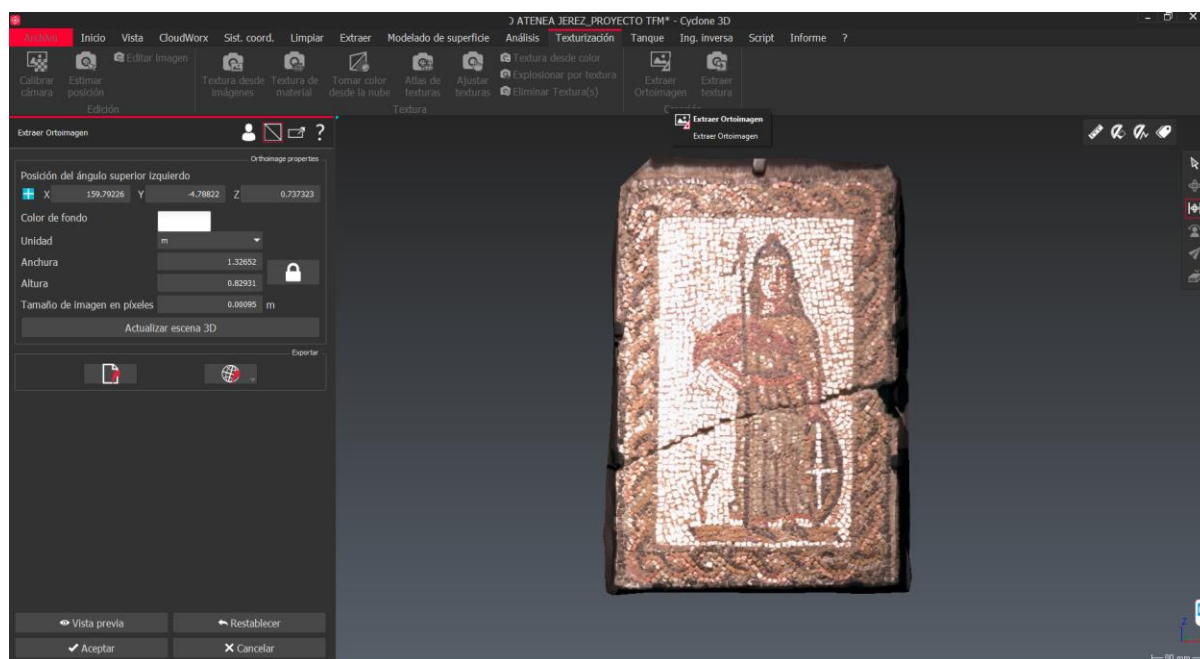


Fig. 156: Comprobación sobre la ‘Tesela 4’ que medía 4.44 mm. Fuente: Elaboración propia.

La ortofoto de nuestro modelo se puede conseguir desde ‘Texturización’ y ‘Extraer Ortoimagen’, que nos abrirá el acostumbrado panel a la izquierda desde el que podemos ajustar parámetros o cambiar el color de fondo. Aunque si bien es cierto que no nos deja añadir una escala tal como en PhotoModeler, sí que podemos extraer un fichero .txt con la georreferenciación.



Figs. 157 y 158: Exportar ortofoto y asignar .txt con georreferenciación. Fuente: Elaboración propia.

Si como nosotros, queremos exportar nuestro modelo a cualquier otro tipo de formato de los permitidos, solo tendríamos que dejar encendidas las capas de la malla y las coordenadas e iríamos a la pestaña de ‘Archivo’, eligiendo ‘Exportar’, ‘Objetos visibles’ y ofrecerle la ruta y extensión donde guardarlo en ‘Archivo para exportar’. Si tan solo nos interesa tener una misma malla y textura, es importante que deseccionemos el apartado ‘Un archivo por textura’.

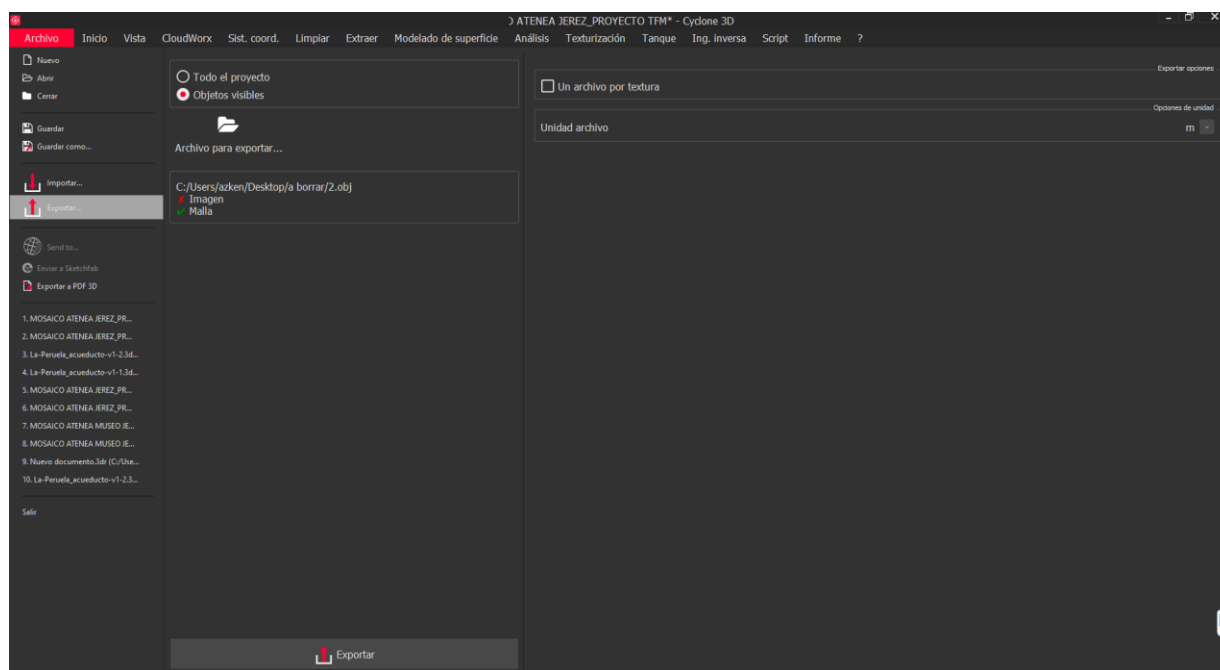


Fig. 159: Exportar. Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. RESULTADOS.

En lo que respecta a la malla y textura final del mosaico, el lector podrá tener acceso al modelo a través de su descarga en la carpeta ‘Resultados Láser’, dentro de la que habrá otra ‘2. Cyclone 3DR’ en la que a su vez estará el modelo 3D y la ortofoto. En Google Drive en el enlace que sigue: <https://drive.google.com/file/d/1v4axTr8FeIKnsInttT6-tyHlvvPh5Q5E/view?usp=sharing>, para su examen, puede abrirse a través del mismo programa en que lo hicimos con la fotogrametría, MeshLab.

De otro lado, deberíamos juzgar dos aspectos distintos: el trabajo en campo del BLK360 y, el de laboratorio, con Cyclone REGISTER 360 y Cyclone 3DR. Ello lo haremos según unos parámetros que hemos considerado oportunos a tener en cuenta a través de unas tablas (3 y 4).

LiDAR TERRESTRE: BLK360.		
1. TRABAJO DE CAMPO.	VARIABLES.	RESULTADOS
	TIPO DE ESCANEO:	Alta Densidad.
	RESOLUCIÓN EN DENSIDAD DE PUNTOS SEGÚN TIPO DE ESCANEO:	5mm a 10m.
	RESOLUCIÓN DE FOTOGRAFÍAS:	2592x1944 megapíxeles.
	NÚMERO DE ESCANEOS:	5.
	TIEMPO DE TRABAJO TOTAL:	45 min (posicionamientos, escaneados y prerregistro)
	NÚMERO DE PERSONAS PARA EL TRABAJO:	1 máx.
	COSTE MATERIAL:	Muy Alto.
	CONTROL DE CONDICIONES INFLUYENTES:	Nulo-Bajo.
	MANIPULABILIDAD DE PARÁMETROS:	Baja.
	MANEJABILIDAD:	Fácil.

Tabla 3: Trabajo de campo con BLK360. Fuente: Elaboración propia.

LiDAR TERRESTRE: BLK360.			
1. TRABAJO DE LABORATORIO: SOFTWARES Y RESULTADOS.	VARIABLES.	CYCLONE REGISTER 360	CYCLONE 3DR
	TIEMPO DE TRABAJO:	3h (descarga, manipulación y exportación de datos).	5h (descarga, manipulación y exportación de datos).
	NIVEL DE CONOCIMIENTOS PARA SU MANEJO:	Bajo.	Muy Alto.
	COSTE MATERIAL:	Alto.	Alto.
	MANIPULABILIDAD DE PARÁMETROS:	Bajo-Medio.	Muy Alto.
	INTERFAZ:	Fácil e intuitiva.	Muy compleja.
	MÁX. ERROR OBTENIDO EN MILÍMETROS EN NUESTRO MODELO:	0.003 mm.	20 décimas de mm.
	MÍN. ERROR OBTENIDO EN MILÍMETROS NUESTRO MODELO:	0.003 m.	0.02 mm.

Tabla 4: Trabajo de gabinete con Cyclone REGISTER 360 y Cyclone 3DR. Fuente: Elaboración propia.

8. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS.

En este apartado nuestra pretensión es la de comparar las dos últimas técnicas expuestas -fotogrametría y LiDAR terrestre-, en aras de distinguir qué ventajas nos reportan una y otra, cuáles son sus debilidades y cómo podríamos mejorarlas.

En lo que concierne al trabajo de campo, tal y como hemos podido ver en las *tablas 1 y 3*, realmente la diferencia entre el tiempo que ocupa una tarea y otra no solo es bastante grande, sino que además en el caso de la fotogrametría el usuario ha de estar continuamente interviniendo e incluso con ayuda, mientras que con el escáner láser, solo hay que estacionarlo y esperar a que acabe su labor, pudiendo mientras tanto hacer otras cosas.

Este factor del tiempo, que quizá en esta situación pudiera no considerarse relevante, hemos de trasladarla a otros ejemplos en que pudiéramos estar no en un espacio cerrado y con una iluminación uniforme, sino al aire libre. En esta última circunstancia, la fotogrametría, al prolongarse más, puede encontrar trabas en condicionantes como la luz solar y las sombras que esta provoca, muy diferentes a lo largo de las horas del día. El BLK 360, como ya dijimos tarda 6.10 min por escaneo en su máxima resolución en que llega máximo a 60 m, lo que vendría a solventar en cierto modo este aspecto, pues depende también de los escaneos que se quieran hacer y la superficie total.

De otro lado, la fotogrametría requiere mayor concentración y planificación a la hora de realizar el proceso de toma de fotografías, no solo para anticiparse a cada coyuntura, sino en sí el propio trabajo de capturar las imágenes, pues no se nos puede olvidar ninguna que rompa los solapes, no podemos alterar ningún parámetro entre tomas -a veces ocurre que sosteniendo la cámara se puede mover sin querer la distancia focal aún estando esta fija- o desplazar el trípode por cualquier roce o traspies. En espacios reducidos como con nuestro mosaico, la labor se simplifica, pero si pensamos en otros emplazamientos que pudieran rodearse de vegetación o simplemente contar con superficies muy uniformes, lo fácil es errar en cualquiera de los pasos.

Frente a esto, sabemos que el escáner láser al hacer un movimiento horizontal de 360° girando sobre su propio eje y cubrir en vertical una cúpula de 300° de manera automatizada, no puede ‘olvidarse’ o ‘despistarse’.

Otra de las virtudes que tiene el láser es que directamente genera un sistema de coordenadas, proporcionándonos las distancias de manera automática. Únicamente, podríamos nosotros tomar alguna por precaución o para saber cuál es el margen de error real. Para la fotogrametría siempre tendremos que recurrir a la inclusión del sistema de coordenadas manualmente como

se ha confeccionado para este mosaico o bien con la ayuda de una estación total y GPS, lo que conlleva más tiempo, coste, y transporte de material delicado.

Por cuanto atañe al trabajo de gabinete o laboratorio, realmente los tiempos que hemos valorado están sometidos a dos condicionantes: los procesos se han hecho en equipos de diferente calibre y los conocimientos de ambas técnicas no se encontraban en la misma etapa. Mientras que para la fotogrametría, en la que estamos en un estadio intermedio de aprendizaje, hemos usado un ordenador portátil con menor rendimiento, para el LiDAR, el equipo era una *workstation*, de mayor productividad y eficacia, y nuestras competencias en niveles totalmente iniciales.

En lo que toca a los resultados finales de ambas técnicas, es decir, el modelo 3D, han diferido realmente de manera excesiva. La nube generada por el LiDAR -contando la sala entera- ha sido de 143.291.012 puntos, recortando y dejando tan solo el pavimento musivo, la nube quedó en 40.207. Por contra, PhotoModeler, si lo comparamos con el proyecto en que menos fotos utilizamos -cinco frente a las veintitrés de las que nos servimos para ejemplificar el proceso, *ut supra*, fig. 64-, la imagen con un mayor número de puntos detectados para el ‘SmartMatch’, tenía 43.834, de los que usaría 30.431 para la nube de punto gruesa. Para la creación de la nube de puntos densa o ‘Dense Point Cloud’, en ese mismo proyecto llegó a alcanzar los 226.178. Ambos estaban en su máxima densidad y calidad.

A la hora de triangular para hacer la malla del mosaico, Cyclone 3DR obtuvo 926 puntos y 1810 triángulos, mientras que PhotoModeler, en el proyecto mínimo de las cinco fotos, sacó de los 729.961 puntos 1.457.672 triángulos. Obviamente, la malla de la fotogrametría tuvo mucho más detalle que la del láser, lo que se puede observar a simple vista contemplando los modelos de las diferentes técnicas.

Para texturizar dichas mallas, las fotografías fueron de una calidad muy distinta. La de la fotogrametría ya fuere con la Canon o la Fujifilm, tenían una mayor resolución que la cámara HDR integrada en el BLK360, por lo que la precisión visual ha sido de mayor índole en la primera de las técnicas.

Este aspecto de la texturización influye bastante a la hora de medir las distancias y comprobarlas con las que tomamos en el museo con el calibre. A menor resolución del modelo, más dificultad para distinguir los detalles y calcular distancias y a la inversa. De hecho, en la reconstrucción virtual del LiDAR, solo la ‘Tesela 4’, en el extremo del escudo, pudo discernirse lo suficiente como para arrojar dos centésimas de milímetro de error. En cambio, en el modelo

fotogramétrico, al haber definido sus medidas manualmente, el error ascendía a décimas de milímetro.

Por otra parte, si nos preocupara el peso de los archivos en el ordenador, realmente, una vez concluidos y exportados los modelos en extensión .obj, no llegan a superar los 500KB, mientras que si lo dejamos en el formato original de Cyclone 3DR, este asciende a cerca de los 4GB. PhotoModeler, en su proyecto más bajo, con cinco fotografías ocuparía poco más de los 200MB; para las veintitrés, 36KB; y, si procesamos con todas las tomadas, ciento diecisiete, unos 2GB.

Como conclusión principal, y tal como podrá inducir el propio lector, tenemos la de que dependiendo de lo que se quiera reconstruir virtualmente y el nivel refinamiento que se necesite se debería acudir a una técnica u otra, *id est*, no es lo mismo modelar un mosaico que no llega al metro cuadrado que un paisaje repleto de vegetación y con una superficie en hectáreas.

Finalmente, una de las deducciones que hemos podido sacar en claro del trabajo con el láser, y con vistas a futuras prácticas, es que aunque no podamos controlar los parámetros de su cámara -solo y exclusivamente el uso del HDR- sí que podríamos haber supervisado mejor las condiciones lumínicas y las del entorno. Al trabajar con Cyclone 3DR, fuimos conscientes de que al hacer la nube de la sala completa, lo haces que rebotaron contra las vitrinas de cristal y su contenido, el suelo de mármol en blanco y negro reflejando la luz de los focos superiores del museo y la propia pared satinada en negro, difuminaron y dificultaron el proceso. De hecho, no hicimos el autoalineado de las nubes en Cyclone REGISTER 360, porque identificaba el suelo ajedrezado como dianas. Tampoco la pared que rodeaba al mosaico fue definida y, menos aún, los objetos expuestos tras los vidrios. Quizá con biombos o pantallas polarizadas se hubiera solucionado. Queda pendiente de resolución en pruebas futuras.

9. VALORACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO.

No podía quedar cerrado nuestro Trabajo Fin de Máster sin unas reflexiones finales, no solo sobre nuestra labor en sí a lo largo de estas páginas y su práctica, sino también sobre lo provechoso del camino hacia su configuración, no exento de algún que otro atolladero.

En general, podríamos decir que todos los objetivos que al principio nos propusimos los hemos logrado satisfacer, aunque no sea más que de manera introductoria dados los límites a los que hemos de ceñirnos y los conocimientos con que contamos actualmente. No obstante, este TFM es solo el principio de esa inmersión en esa nueva praxis de nuestra disciplina, que no deja de abrir vedas por las que discurrirán futuras líneas de investigación.

De primera mano conocemos lo arduo del camino hacia la transición e incorporación de las TIC. Como dato, y aunque pueda considerarse fútil, podríamos substraernos tan solo por un momento, al año 2013 en que esta que escribe comenzaba el Grado en Historia también en esta casa: el primer día de clase y la primera asignatura que cursábamos requerían un trabajo. A los alumnos, por aquel entonces, la primera pregunta que nos surgió y que hicimos fue ¿se entrega escrito a mano o impreso? La cuestión hoy día sería si impreso u online, seguramente ni siquiera la pregunta pasaría por la mente de algunos, pues suelen hacerse a través de las plataformas virtuales con que cuentan las universidades. Lo que es más, este TFM será defendido no a la manera tradicional y presencial sino haciendo uso de esos nuevos recursos. Desde ese año, en que los trabajos fueron entregados a la ‘antigua usanza’, escritos a mano en folios sobre una plantilla para mantener la linealidad del texto y la justificación de sus márgenes, hasta este 2020, solo han pasado siete años y el progreso y diferencia entre un trabajo escrito a mano y el uso de unas herramientas tan simples y a la vez tan complejas en su creación e inicios es abismal.

Esta transformación que hemos y estamos viviendo, es importante conocerla, comprenderla y apreciar cómo ha de ser empleada, en qué momentos y bajo qué preceptos. Es por ello por lo que nuestro primer objetivo fue el desarrollo de la idea de patrimonio y la nueva epistemología que lo abarca, no es un simple ‘relleno’, son unas circunstancias sobre las que pocas veces meditamos y nos paramos a juzgar.

Cuando uno se mete de lleno y descubre esas prácticas y logros que obtiene un equipo tan transversal como es la Unidad de Geodetección, Análisis y Georreferenciación del Patrimonio, no sólo intenta comprenderlas y ponerlas en práctica, sino también saber qué cambios conlleva como metodología en nuestro pensamiento, modo de investigar e interrogarnos.

En este sentido es en el que hemos iniciado nuestro aprendizaje. Entendemos, y no dejamos de rogar al lector disculpe las molestias por ello, que un trabajo metodológico no es lo más fácil, agradable o cautivador en su lectura, pero es necesario. Estudiamos la Historia, no todos reunimos las competencias avanzadas de la informática o la ingeniería, por eso, tal como ya reivindicáramos al principio, se hace imprescindible un lenguaje común que posibilite y allane el camino a todos aquellos que lo precisen. En esta línea, y a nuestro parecer, se ha conseguido un objetivo importante: difundir unas técnicas concretas, su manejo inicial y sus posibilidades.

En lo que respecta a la aplicación concreta de las técnicas expuestas en nuestro caso, si bien es cierto que han dado buenos resultados, somos prudentes: hemos de mejorar muchos aspectos y seguir avanzando no sólo en el aprendizaje de estas tecnologías sino en su implementación y avance en nuestra línea de estudio.

En QGIS solo nos hemos circunscrito a nuestra comunidad autónoma y los mosaicos de temática mitológica. Interesante sería seguir recopilando toda la musivaria con que contamos a nivel nacional/peninsular sea del estilo que fuere y hacer de ella una clasificación aún más profunda en que se incluyeran por ejemplo, personajes, ‘escritura’, firmas de los musivarios o autores, tipos de salas que pavimentaban, el contexto de *villa* o *domus*, material estético circundante que nos hiciera comprender los programas iconográficos (pinturas, esculturas, etc.), datos petrológicos, etc. Si hiciéramos esto y existieran otras bases de datos que recopilaran lo mismo o semejante sobre zonas como el norte africano o las regiones meridionales a orillas del Mediterráneo, junto con las rutas de comunicación, áreas de producción, de canteras, etc., nuestros análisis serían a gran escala y podríamos conocer mejor el modo de transmisión de la técnica, su variantes, su empleo o las ideas transmitidas, entre otras.

Para un análisis exhaustivo de esto, la fotogrametría y el LiDAR -UAV o terrestre- se plantean como unas técnicas que a largo plazo abren líneas de investigación más allá de la mera difusión entre académicos, divulgación al público, o reconstrucción virtual como método de conservación. A través de las medidas y los análisis colorimétricos podemos establecer patrones que interconecten con las ideas sugeridas más arriba. Ya hay investigadores que uniendo el GPR 3D junto a la fotogrametría han sido capaces de distinguir las sinopias, un gran paso en que las técnicas no invasivas, vienen a solventar aquel gran problema que teníamos con la Arqueología: la destrucción irreversible.

No nos queda más que intentar alcanzar estos objetivos en nuestra tesis doctoral y agradecer a ese infatigable equipo que haya hecho esto posible sin dejar de enseñarnos e innovar.

10. BIBLIOGRAFÍA.

1. **AA.VV.**: *A rota do mosaico romano. O sul da Hispânia (Andaluzia e Algarve). Cidades e villae notáveis da Bética e Lusitânia romanas/ La ruta del mosaico romano. El sur de Hispania (Andalucía y Algarve). Ciudades y villae destacadas de Bética y Lusitania romanas*. Faro: Universidade do Algarve, 2008.
2. AGUILAR BARRIOS, M.: *Nuevas tecnologías aplicadas al registro y estudio del Patrimonio Histórico-Arqueológico*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Cádiz, 2020.
3. ALONSO GONZÁLEZ, P.; GONZÁLEZ ÁLVAREZ, D.: Construyendo el pasado, reproduciendo el presente: identidad y arqueología en las recreaciones históricas de indígenas contra romanos en el Noroeste de España. *Revista de dialectología y tradiciones populares*, vol. 68, 2013, pp. 305-330.
4. ÁVILA DÍAZ, W. D.: Hacia una reflexión histórica de las TIC. *Hallazgos*, vol. 10, nº 19, 2013, pp. 213-233.
5. **B**ALART CARMONA, C.; CORTÉS FUENTEALBA, S.: Una mirada histórica del impacto de las TIC en la sociedad del conocimiento en el contexto nacional actual. *Contextos: Estudios de humanidades y ciencias sociales*, nº extra 41, 2018.
6. BALIL, A.: El oficio del musivario, *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA*, t. 52, 1986, pp. 143-161.
7. BELLOCH, C.: Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. *Universidad de Valencia*, 2015. Recuperado de <https://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA1.pdf>.
8. BLANCO FREIJEIRO, A.: *Corpus de Mosaicos Romanos de España (CMREsp). Fascículo II. Mosaicos romanos de Itálica (I)*. Madrid: Instituto Español de Arqueología ‘Rodrigo Caro’ del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 1978.
9. BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, J.M.: *Corpus de Mosaicos Romanos de España (CMREsp). Fascículo III. Mosaicos romanos de Córdoba, Jaén y Málaga*. Madrid: Instituto Español de Arqueología ‘Rodrigo Caro’ del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 1981.
10. BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, J.M.: *Corpus de Mosaicos Romanos de España (CMREsp). Fascículo IV. Mosaicos romanos de Sevilla, Granada, Cádiz y Murcia*. Madrid: Instituto Español de Arqueología ‘Rodrigo Caro’ del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 1982.
11. BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, J.M.: *Mosaicos romanos de España*. Madrid: Cátedra, 1993.
12. BORGMAN, C.: *Scholarship in the digital age*. Cambridge: MIT Press, 2007.

13. BRAVO RAMÓN, F. J.: Un paradigma conceptual y metodológico de las Humanidades Digitales: las obras teatrales de carácter operístico del Barroco y el boceto del Proyecto PROCOB. *UNED, Revista Signa*, 25, 2016, pp. 221-245.
14. CANET, J. L.: Reflexiones sobre las Humanidades Digitales. *Humanidades Digitales: desafíos, logros y perspectivas de futuro. Janus, Anexo 1*, 2014, pp. 11-20.
15. CALDEIRA, B.; OLIVEIRA, R. J.; TEIXIDÓ, T.; BORGES, J. F.; HENRIQUES, R.; CARNEIRO, A.; PEÑA, J. A.: Studying the Construction of Floor Mosaics in the Roman Villa of Pisões (Portugal), Using Noninvasive Methods: High-Resolution 3D GPR and Photogrammetry. *Remote Sens*, nº 11, 2019, pp. 1-20.
16. CASPISTEGUI, F.J.: Sobre el papel social del historiador o ¿para qué servimos? *Memoria y civilización*, vol. 6, 2003, pp. 191-207.
17. CASTELLS, M.: *The Internet Galaxy. Reflections on the Internet, Business and Society*. Oxford: Oxford University Press, 2001.
18. CÓCOLA GANT, A.: La fabricación de monumentos antiguos en la Era del turismo de masas. *E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, nº 11, 2012, pp. 114-133.
19. COTS, I.; VILÀ, J.; DILOLI, J.; FERRÉ, R.; BRICIO, L.: Virtual Archaeology: from archaeological excavation to the management and difusión of heritage. *Les cases de la Catedral* (Tortosa) and the protohistorical settlement of *La Cella* (Salou), Tarragona. *VAR*, vol. 9, 19, 2018, pp. 102-113.
20. CUELI, LÓPEZ, J. T.: *Fotogrametría práctica: tutorial PhotoModeler*. España: Ediciones Tantín, 2011.
21. DÍAZ-BARRANCAS, F.; PARDO, P. J.; CWIERZ, H.: Colour Management in Virtual Reality applied to Lighting Simulations, 2018. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/329209377_Colour_Management_in_Virtual_Reality_applied_to_Lighting_Simulations
22. DÍAZ-BARRANCAS, F.; PARDO, P. J.; CWIERZ, H.: Visual Fidelity improvement in virtual reality through spectral textures applied to lighting simulations, 2020. Recuperado de <https://www.ingentaconnect.com/content/ist/ei/2020/00002020/00000015/art00015;jsessionid=3khg9jjhfmv51.x-ic-live-02>
23. DÍAZ GÓMEZ, F.; JIMÉNEZ PEIRÓ, J.; BARREDA BENAVENT, A.; ASENSI RECUENCO, B.; HERVÁS JUAN, J.: Modelado 3D para la generación de patrimonio virtual. *VAR*, vol. 6, nº 12, 2015, pp. 29-37.
24. ESCRIVA ESTEVAN, F.; MADRID GARCÍA, J. A.: El mundo virtual en la restauración. Aplicaciones virtuales para la conservación y restauración del patrimonio. *Arché*, nº 4-5, 2010, pp. 11-20.

25. ESTALELLA, A.; ARDÉVOL, E.: e-Research: desafíos y oportunidades para las ciencias sociales. *Convergencia*, vol. 18, nº 55, 2011, pp. 87-111.
26. ESTALELLA, A.; ROCHA J.; LAFUENTE A.: Laboratorios del procomún: experimentación, recursividad y activismo, *Revista Teknocultura*, vol. 10, nº 1, 2013, p. 21-48.
27. **F**ÁBREGA-ÁLVAREZ, P.: Un alto en el camino. Notas acerca del uso de SIG en los análisis de movilidad en arqueología, en MÍNGUEZ GARCÍA, M^a C.; CAPDEVILLA MONTES, E. (Coord.): *Manual de Tecnologías de la Información Geográfica aplicadas a la Arqueología*. España: Comunidad de Madrid, Museo Arqueológico Regional: Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de la Comunidad de Madrid, 2016, pp. 159-182.
28. FELICÍSIMO, A.M.; DURÁN DOMÍNGUEZ, G.; POLO, E.; SOTO M^a R.; TORTOSA, T.; MORÁN, C.J.: Polarización cruzada en la construcción de modelos 3D fotogramétricos: medida y control de la calidad colorimétrica, 2019. Póster presentado en el XIII Congreso Ibérico de Arqueometría, Faro, Portugal.
29. FELICÍSIMO, A. M.; TORTOSA, T.; POLO, M^a. E.: El valor de la imagen: del objeto arqueológico al objeto virtual, en CARRETERO PÉREZ, A.; PAPÍ RODES, C.; RUIZ ZAPATERO, G. (Eds.): *Actas del Congreso Internacional de Historia de la Arqueología/IV Jornadas de Historiografía SEHA-MAN. Arqueología de los museos: 150 años de la creación del Museo Arqueológico Nacional*. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Subdirección General de Documentación y Publicaciones, 2018, pp. 1191-1202.
30. FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J.: Modelos predictivos y SIG. Algunos ejemplos de su aplicación en Arqueología: los asentamientos fortificados del Valle de Trubia (Asturias, España), *Mapping*, nº 140, 2010, pp. 76-82.
31. FERNÁNDEZ PINO, I.: *Del escáner láser a la compresión arqueológica: el circo romano de Tarragona- Sector SEDASSOS*. Trabajo Final de Máster. Institut Català D'Arqueologia Clàssica, Universitat Rovira i Virgili, 2015.
32. **G**ALINA RUSSELL, I.: ¿Qué son las Humanidades Digitales?, *Revista Digital Universitaria*, vol. 12, nº 7, 2011, pp. 3-10
33. GARCÍA MARCO, F. J.: Los sistemas de información histórica: una nueva frontera en la construcción científica de la Historia. *Aragón en la Edad Media*, nº 16, 2006, pp. 213-234.
34. GARCÍA Y BELLIDO, A.: Los mosaicos romanos de la Plaza de la Corredera de Córdoba. *Boletín de la Real Academia de Historia (BRAH)*, vol. 157, Madrid, 1965, pp. 183-196.

35. GARRIDO RAMOS, B.: *Iconografía musivaria en la Península Ibérica en época romana: investigación y difusión desde el campo de las Humanidades Digitales*. Tesis Doctoral, UNED, 2019a.
36. GARRIDO RAMOS, B.: A era da cultura dixital e o fenómeno TIC. *Eduga: Revista Galega do Ensino*, nº 77, 2019b, pp. 1-5.
37. GHIANI ECHENIQUE, N.; SOKOL, O. L.; LOZANO, M.: Reconstrucción virtual. Un aporte a la Arqueología en tres dimensiones. *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano-Series Especiales*, vol. 4, nº 4, 2017, pp. 20-29.
38. GÓMEZ RAMOS, A.: *Reivindicación del centauro*. España: Akal, 2003, pp. 23-27.
39. GONZÁLEZ-BLANCO GARCÍA, E.: Un nuevo camino hacia las Humanidades Digitales: el Laboratorio de Innovación en Humanidades Digitales de la UNED (LINHD). *UNED Revista Signa*, nº 25, 2016pp. 79-93.
40. GOUBERT, J-P.: L'eau, la crise et le remède dans l'Ancien et le Nouveau Monde (1840-1900). *Annales*, nº 44-45, 1989, pp. 1075-1089. Recuperado de: https://www.persee.fr/doc/ahess_0395-2649_1989_num_44_5_283643
41. GRANADOS CHIGUER, I.: *Introducción al estudio del mosaico mitológico romano en Andalucía*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Cádiz, 2019.
42. GRIMAL, P.: *Diccionario de mitología griega y romana*. Barcelona: Editorial Paidós Ibérica, 1989.
43. GUIDI, G.; TUCCI, G.; BERALDIN, J. A.; CIOFI, S.; OSTUNI, D.; COSTANTINI, F.; EL-HAKIM, S.: Multiscale Archaeological Survey based on the Integration of 3D Scanning and Photogrammetry, 2002. Recuperado de https://www.academia.edu/2931458/Multiscale_archaeological_survey_based_on_the_integration_of_3D_scanning_and_photogrammetry
44. **H**AYLES, K. N.: How we think: transforming power and Digital Humanities, en BERRY, D. (Ed.): *Understanding Digital Humanities*, Gran Bretaña: Palgrave Macmillan, 2012, pp. 42-66.
45. HIDALGO PRIETO, R.: *Las villas romanas de la Bética. Volumen I y Volumen II*. Sevilla: Editoriales de las universidades de Pablo de Olavide, Córdoba, Málaga, Granada y Sevilla, 2016.
46. HIMANEN, P.: *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*, Barcelona: Destino, 2003.

47. HOLTORF, C.: *From From Stonehenge to Las Vegas. Archaeology as Popular Culture*. Walnut Creek: Altamira Press, 2005.
48. IBAÑEZ DE ELEJALDE LANDA, P.: *Archivo del Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad del País Vasco, 2011.
49. JARDÓN GINER, P.; PÉREZ HERRERO, C. I.: Aproximación a un modelo de educación patrimonial horizontal a partir de tres casos. *Pulso: revista de educación*, nº 40, 2017, pp. 53-75.
50. JIMENEZ FERNÁNDEZ-PALACIOS, B.; RIZZI, A.; REMONDINO, F.: Etruscans in 3D, Surveying and 3D modeling for a better acces and understanding of heritage. *VAR*, vol. 4, nº 8, 2013, pp. 85-89.
51. LEÓN-CASTRO ALONSO, M.P.: Arte romano provincial: nuevo enfoque y valoración, en NOGALES, T.; RODÁ, I. (Eds.): *Roma y las provincias: modelo y difusión*. Vol. II, 2011, pp. 23-41.
52. LÓPEZ MONTEAGUDO, G.: *Los mosaicos de la Plaza de la Encarnación: Roma en Sevilla*. Sevilla: ICAS, 2015.
53. LÓPEZ MONTEAGUDO, G.; NEIRA JIMÉNEZ, M.L.: Mosaico, en LEÓN, P. (Coord.): *Arte romano de la Bética. Mosaico. Pintura. Manufacturas*. Sevilla: Fundación Focus-Abengoa, 2010, pp. 17-186.
54. MAÑAS ROMERO, I.: La creación de la escuela musivaria del Guadalquivir: modelos itálicos e interpretación regional, en NOGALES, T.; RODÁ, I. (Eds.): *Roma y las provincias: modelo y difusión*. Vol. II, 2011a, pp. 635-641.
55. MAÑAS ROMERO, I.: Viaje, transporte y transmisión de modelos musivos, en CABAÑAS BRAVO, M.; LÓPEZ-YARTO, A.; RINCÓN GARCÍA, W. (Coord.): *El arte y el viaje*. Madrid: CSIC, 2011b, pp. 455-465.
56. MAÑAS ROMERO, I.: *Corpus de Mosaicos Romanos de España (CMREsp). Fascículo XIII. Mosaicos romanos de Itálica (II)*. Madrid-Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universidad Pablo de Olavide, 2011c.
57. MARTÍN-ARROYO SÁNCHEZ, D.: *Proyección territorial y colonización romana. El caso de Hasta Regia*. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz, 2013.
58. MASCHNER, H. D. G.; SCHOU, C. D.: Virtualization and the Democratization of Science: 3D Technologies Revolutionize Museum Research and Access. *Congreso Internacional de Patrimonio Digital 2013 (DigitalHeritage)*, Marsella, 2013, pp. 265-271.

59. MCCARTHY, J.: Multi-image photogrammetry as a practical tool for cultura heritage survey and community engagement. *Journal of Archaeological Science*, 43, 2014, pp. 175-185.
60. MCCARTY, W.: *Humanities computing*, Basingstoke: Palgrave, 2005.
61. MILLÁN SALGADO, M.L.; GÓMEZ BUENO, M.C.: El mosaico de la villa romana de Puente Melchor. Estudio histórico-artístico y tratamientos de conservación, *ROMVLA*, nº 11, 2012, pp. 115-136.
62. MIRALLES MARTÍNEZ, P.; GÓMEZ CARRASCO, C. J.; MONTEAGUDO FERNÁNDEZ, J.: Percepciones sobre el uso de recursos TIC y ‘Mass-Media’ para la enseñanza de la Historia. Un estudio comparativo en futuros docentes de España-Inglaterra. *Educación XXI*, 22 (2), 2019, pp. 187-211.
63. MORENO GONZÁLEZ, M.F.: Aspectos técnicos, económicos, funcionales e ideológicos del mosaico romano. Una reflexión. *AAC*, nº 6, 1995, pp. 113-143.
64. MURIEL, D.: El modelo patrimonial: el patrimonio cultural como emergencia tardomoderna. *Pasos: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 14, nº 1, 2016, pp. 181-192.
65. NARANJO, J. M.; PARILLA, A.; DE SANJOSÉ, J. J.: Geometric Characterization and interactive 3D visualization of Historical and Cultural Heritage in the province of Cáceres (Spain). *VAR*, vol. 9, nº 18, 2018, pp. 1-11.
66. NAVAJAS CORRAL, O.; FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J.: La gestión patrimonial desde la responsabilidad social. *PASOS: Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, vol. 17, nº 2, 2019, pp. 285-298.
67. NÚÑEZ FLORENCIO, R.: ¿Sirve la historia para algo? *RDL: Revista de Libros, Reseñas*, 28 de febrero de 2014.
68. ORTIZ CODER, P.; DEL PINO ESPINOSA, B.: Digitalización 3D automática con láser escáner, fotogrametría y videogrametría. El caso práctico del Templo de Diana (Mérida). *VAR*, vol. 4, nº 8, 2013, pp. 90-94.
69. PARDO, P. J.; SUERO, M. I.; PÉREZ, A.L.: Correlation between perception of color, shadows, and surface textures and the realism of a scene in virtual reality. *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 35, nº 4, 2018, pp. 131-135.
70. PAUL, H.: *La llamada del pasado. Claves de la Teoría de la Historia*. Zaragoza: Instituto Fernando el Católico, 2015, pp. 49-65, 68-83.
71. PINTO PUERTO, F.: La tutela sostenible del patrimonio cultural a través de modelos digitales BIM y SIG como contribución al conocimiento e innovación social. *PANORAMA: Revista PH, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 93, 2018, pp. 27-29.

72. PRIETO, I.; IZKARA, J. L.; EGUSQUIZA, A.: Architectural heritage 3D and semantic information visualization base don open standards. *VAR*, vol. 4, nº 9, 2013pp. 70-75.
73. **R**AMALLO ASENSIO, S.: Talleres y escuelas musivas en la Península Ibérica, en AAVV.: *Mosaicos romanos. Estudios sobre iconografía. Actas del Homenaje In Memoriam de Alberto Balil*. Guadalajara, 1990, pp. 135-180.
74. RAMÍREZ-SÁNCHEZ, M.: ‘Las Ciencias y Técnicas Historiográficas en el contexto de las Humanidades Digitales: oportunidades para su desarrollo’ en MARCHANT RIVERA, A.; BARCO CEBRIÁN, L. (Eds.): ‘ ‘ *Dicebamus hesterna die...* ’ *Estudios en Homenaje a los Profesores Pedro J. Arroyal Espigares y M^a Teresa Martín Palma*. Málaga: Libros ENCASA, 2016, pp. 365-392.
75. RIEGL, A.: *El culto moderno a los monumentos. Caracteres y orígenes*. Madrid: Visor. La balsa de Medusa, 1999.
76. ROBLES ORTEGA, M. D.; ORTEGA ALVARADO, L.; FEITO HIGUERUELA, R.: Avances en Sistemas de Información Espacial 3D. Aplicaciones en patrimonio y arqueología virtual. *VAR*, vol. 6, nº 12, 2015, pp. 77-91.
77. ROBOTTI, C.: Una sinopia musiva pavimentale a Stabia. *Bolletino d’Arte*, nº 43, Roma, 1973, pp. 42-44.
78. ROBOTTI, C.: *Mosaico e architettura. Disegni, sinopie, cartoni*. Nápoles: Ferraro, 1983.
79. RODRÍGUEZ-YUNTA, L.: Humanidades digitales, ¿una mera etiqueta o un campo por el que deben apostar las ciencias de la documentación? *Anuario ThinkEPI*, vol. 7, 2013, pp. 37-43.
80. ROJAS CASTRO, A.: Las Humanidades Digitales: principios, valores y prácticas. *Janus: estudios sobre el Siglo de Oro*, nº 2, 2013, pp. 74-99.
81. ROMERO FRÍAS, E.; SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M. (Eds.): *Ciencias Sociales y Humanidades Digitales. Técnicas, herramientas y experiencias de e-Research e investigación en colaboración*. España: Sociedad Latina de Comunicación Social, 2014.
82. RUBIO BARROSO, A.; GUTIÉRREZ PUEBLA, J.: Los Sistemas de Información Geográficos: origen y perspectivas. *Revista General de Información y Documentación, Servicios de Publicaciones de la Universidad Complutense de Madrid*, vol. 7, nº 1, 1997, pp. 93-106.
83. **S**ÁNCHEZ VELASCO, J.: Evidencias arqueológicas de un taller de mosaicos en Córdoba. *Empúries*, nº 52, 2000, pp. 289-306.
84. SANDERS, D. H.: Advances in Virtual Heritage: conditions and caveats. *Congreso Internacional de Patrimonio Digital 2015 (DigitalHeritage)*, Granada, 2015, pp. 643-646.

85. SCHREIBMAN S.; SIEMENS R.; UNSWORTH J.: *A companion to Digital Humanities*. EE.UU.: Blackwell Publishing, 2004.
86. SMITH, L.: El ‘espejo patrimonial’. ¿Ilusión narcisista o reflexiones múltiples? *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología*, nº 12, 2011, pp. 39-63.
87. SOLER ALEMÁN, E.: *Levantamiento Fotogramétrico y modelización tridimensional del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, 2013.
88. **T**ORREGROSA-FUENTES, D; SPAIRANI BERRIO, Y.; HUESCA TORTOSA, J. A.; CUEVAS GONZÁLEZ, J.; TORREGROSA FUENTES A.: Aplicación de la fotogrametría automatizada y de las técnicas de iluminación con herramientas SIG para la visualización y el análisis de una piedra con relieves antropomorfos. *VAR*, vol. 9, nº 19, 2018, pp. 114-124.
89. TORRES, J. C.; CANO, P.; MELERO, J.; ESPAÑA, M.; MORENO, J.: Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio. *VAR*, vol. 1, nº 1, 2010, pp. 51-54.
90. TORRES, J. C.; LÓPEZ, L.; ROMO, C.; ARROYO, G; CANO, P.; LAMOLDA, F.; VILLAFRANCA, M.M.: Using a Cultural Heritage Information System for the documentation of the restoration process. *Congreso Internacional de Patrimonio Digital 2013 (DigitalHeritage)*, vol. 2, 2013, pp. 249-256.
91. TORRES, J. C.; MELERO, F. J.; CANO, P.; MARTÍN, D.; LEÓN, A.: Generación automatizada de modelado 3D para difusión y documentación del patrimonio histórico, en Hernández-Ibañez, L. A.; Flores González, J. C. (Eds.): *Informática Gráfica y Patrimonio Histórico: comunicaciones presentadas al I Simposium de Informática Gráfica y Patrimonio Histórico, SIGPHI 2007*. A Coruña: Mundos Digitales, 2007, pp. 111-120.
92. **V**ALEIRAS JAÉN, J.L.: PhotoModeler, nueva herramienta en levantamiento arquitectónico. *EGE: Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, nº 7, 2012, pp. 60-69.
93. VARGAS VÁZQUEZ, S.; LÓPEZ MONTEAGUDO, G.: Talleres musivos hispanorromanos. Formas de producción y áreas de dispersión, en BUSTAMANTE-ÁLVAREZ, M.; BERNAL CASASOLA, D. (Coord.): *Artífices idóneos: artesanos, talleres y manufacturas en Hispania*, 2012, pp. 127-142.
94. VARGAS VÁZQUEZ, S.; LÓPEZ MONTEAGUDO, G.; GARCÍA-DILS DE LA VEGA, S.: *Corpus de Mosaicos Romanos de España (CMREsp). Fascículo XIV. Mosaicos romanos de Écija (Sevilla)*. Madrid-Écija: Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Real Academia de Ciencias, Bellas Artes y Buenas Letras ‘Luis Vélez de Guevara’ de Écija, 2017.
95. VEGA BOLÍVAR, S.: TIC el microscopio de la Historia. La visualización de lo invisible en el yacimiento de la Roca dels Bous (Camarasa, Lleida). *Treballs d’Arqueologia*, nº 19, 2013, pp. 93-103.

RECURSOS WEB.

1. Noticia sobre el expolio del Mosaico de la Villa de Río Verde (Marbella, Málaga): <https://www.lavanguardia.com/cultura/20160113/301376587274/robo-medusa-villa-romana-rio-verde-marbella-mosaico.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
2. CSIC, Mosaicos romanos: <http://proyectos.cchs.csic.es/mosaicosromanos/publicacion> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
3. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes: <http://www.cervantesvirtual.com/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
4. Red Digital de Colecciones de Museos de España: <http://ceres.mcu.es/pages/SimpleSearch?index=true> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
5. *Encyclopedia Britannica*: www.britannica.com (última consulta 1 de diciembre de 2020).
6. Tutoriales sobre *PhotoModeler* (2011) Punto Arquitectura: <https://www.youtube.com/user/PUNTOARQUITECTURASLP/videos> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
7. Tutoriales oficiales de *PhotoModeler*: <https://www.youtube.com/user/PhotoModelerGuy/videos> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
8. Recreaciones de época romana en Baelo Claudia, noticia: <https://www.lavanguardia.com/vida/20190608/462731519656/baelo-claudia-en-tarifa-cadiz-vive-su-primera-recreacion-de-la-epoca-romana.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

9. Recreaciones de época romana en el Conjunto Arqueológico de Itálica:
<https://www.juntadeandalucia.es/cultura/agendaculturaldeandalucia/evento/italica-viva-jornadas-de-recreacion-historica-en-el-conjunto-arqueologico-de-italica> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
10. Acceso al documental ‘El disparo que rompe el silencio. Arroyomolinos 1811’:
<http://digital.csic.es/handle/10261/112089> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
11. Accesibilidad para personas sordas a la industria cultural:
http://www.fundacioncense.org/pdf/Guia_accesibilidad_industrias_culturales_personas_sordas_def.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).
12. Accesibilidad a obras de arte para personas invidentes, noticia:
<https://www.lavanguardia.com/vida/20190617/462906252664/proyecto-thea-ciegos-arte-yemas-dedos.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
13. Accesibilidad al Museo de Altamira para personas sordas y mudas, noticia:
<https://www.canalpatrimonio.com/el-museo-de-altamira-ya-es-accesible-para-sordos-mudos-con-una-aplicacion-para-movil/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
14. Proyecto Horizon 2020: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/fet-open> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
15. Humanidades Digitales Hispánicas: <https://humanidadesdigitaleshispanicas.es/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
16. Red de Humanidades Digitales: <http://www.humanidadesdigitales.net/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
17. Atlas de la Historia del Territorio de Andalucía, ‘Vías romanas’:
http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/pdf/51_viasromanas.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).

18. Atlas de la Historia del Territorio de Andalucía, ‘La Bética como foco económico en el Imperio Romano’:
http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/pdf/35_labeticacomofocoeconomico.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).

19. Atlas de la Historia del Territorio de Andalucía :
http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/atlasterritorio/at/atlas_bloque5.html (última consulta 1 de diciembre de 2020).

20. Descarga de QGIS: <https://www.qgis.org/es/site/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

21. Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE):
<https://www.idee.es/web/guest/inicio> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

22. Descripción de IDEE:
[http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/11#:~:text=La%20Infraestructura%20de%20Datos%20Espaciales%20de%20Espa%C3%B1a%20\(IDEE\)%20es%20un,todos%20los%20usuarios%20potenciales%20la](http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/11#:~:text=La%20Infraestructura%20de%20Datos%20Espaciales%20de%20Espa%C3%B1a%20(IDEE)%20es%20un,todos%20los%20usuarios%20potenciales%20la) (última consulta 1 de diciembre de 2020).

23. Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica:
<https://www.ign.es/web/ign/port> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

24. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, IDEAndalucía:
<https://www.ideandalucia.es/portal/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

25. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), ‘Límites administrativos’ en formato shp:
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g13.htm>
 (última consulta 1 de diciembre de 2020).

26. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), ‘Sistema Urbano’ en formato shp:
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g07.htm>
(última consulta 1 de diciembre de 2020).
27. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), ‘Callejero Digital de Andalucía Unificado’ en formato shp: <http://www.callejerodeandalucia.es/descargas/> (última consulta 1 de diciembre de 2020)
28. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), ‘Toponimia’ en formato shp:<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g16.htm>
(última consulta 1 de diciembre de 2020).
29. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), ‘Patrimonio’ en formato shp:
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/g11.htm>
(última consulta 1 de diciembre de 2020).
30. Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica:
<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscar.do?filtro.codFamilia=RTAN E#> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
31. Carta ICOMOS, 4 de octubre de 2008:
https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/interpretation_sp.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).
32. Carta ICOMOS, Venecia, 1964: https://www.icomos.org/charters/venice_sp.pdf
(última consulta 1 de diciembre de 2020).
33. Carta de Londres, 7 de febrero de 2009:
http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_es.pdf
[pdf](http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_es.pdf) (última consulta 1 de diciembre de 2020).

34. Principios de Sevilla, 2011: <http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
35. Carta de Atenas, 1931: <https://ipce.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:40dcc432-525e-43a7-ac7a-f86791e2f5e6/1931-carta-atenas.pdf> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
36. Ejemplo de filtro polarizador en Canon: <https://store.canon.es/canon-filtro-polarizador-circular-canon-pl-c-52-mm/2187B001/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
37. Ejemplo de filtro polarizador para luces LED en AliExpress: <https://es.aliexpress.com/i/4001134515344.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
38. Ejemplo de Carta de Color en Amazon: https://www.amazon.es/s?k=Globell+SpyderCheckr+-+Carta+de+color&__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&ref=nb_sb_noss (última consulta 1 de diciembre de 2020).
39. Ejemplo de calibración *Multi-sheet* en PhotoModeler: <https://www.photomodeler.com/downloads/tutorials/2019/media/Multi-sheetCameraCalibration/Multi-sheetCameraCalibration.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
40. Ejemplo de calibración *Single sheet* en PhotoModeler <https://www.photomodeler.com/downloads/tutorials/pre-2019/media/SingleSheetCalib/CalibrationPart1.htm> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
41. Descarga de Meshlab: <https://www.meshlab.net/#download> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

42. Museo Arqueológico Nacional (MAN): <http://www.man.es/man/home.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
43. El IAPH o Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico: <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/culturaypatrimoniohistorico/iaph.html> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
44. Guía Digital del Patrimonio Cultural de Andalucía: <https://guiadigital.iaph.es/inicio/> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
45. Tesouro del Patrimonio Histórico Andaluz: <https://guiadigital.iaph.es/tesouro-patrimonio-historico-andalucia> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
46. *Association Internationale pour l'Étude de la Mosaïque Antique*: <https://aiema75rs.wixsite.com/aiema> (última consulta 1 de diciembre de 2020).
47. Especificaciones técnicas del BLK360: https://shop.leica-geosystems.com/sites/default/files/2019-04/866563_leica_blk360_um_v2.0.0_es.pdf (última consulta 1 de diciembre de 2020).
48. Fundeu BBVA: <https://www.fundeu.es/> y sus consejos sobre ortotipografía en informática: http://www.wikilengua.org/index.php/Ortotipograf%C3%ADa_en_inform%C3%A1tica#Programas; <http://www.wikilengua.org/index.php/LELE> (última consulta 1 de diciembre de 2020).

